

**Sensorbasierte Analyse und Modellierung
ausgewählter Verhaltensparameter von Mutterkühen**

Dissertation

**zur Erlangung des akademischen Grades
doctor rerum agriculturalum
(Dr. rer. agr.)**

**eingereicht an der
Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät
der Humboldt-Universität zu Berlin**

von

Dipl. agr. Ing. Claudia Bahr

05.03.1976, Schwerin

Präsident

der Humboldt-Universität zu Berlin:

Prof. Dr. Christoph Marksches

Dekan

der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät:

Prof. Dr. habil. Otto Kaufmann

Gutachter: 1. Prof. Dr. habil. Otto Kaufmann
2. Prof. Dr. habil. Reiner Brunsch
3. Dr. habil. Klaus Scheibe

Datum der Promotion: 09. 02. 2007

Danke!

Herrn Prof. Dr. Otto Kaufmann möchte ich danken für die freundliche Überlassung des Themas und die Betreuung, inklusive vieler konstruktiver Gespräche. Vielen Dank für die Bereitschaft bei dringenden Problemen stets ein offenes Ohr zu haben, selbst wenn die Zeit manchmal knapp war. Ein herzlicher Dank geht an die Mitarbeiter des Fachgebietes Tierhaltungssysteme und Verfahrenstechnik für die vielen kleinen und großen Gefallen und das tolle Arbeitsklima. Danke auch an Frau Lehmann für die Zuarbeit bei der Literaturrecherche, eine echte Hilfe.

Ein besonderer Dank gilt Dr. Klaus Scheibe und seinem Team für die Überlassung eines Teils der zu Versuchszwecken notwendigen technischen Ausstattung und für die Hilfe bei der Bewältigung und Auswertung der Daten.

Der Abteilung Technik in der Tierhaltung vom Institut für Agrartechnik Bornim e. V., dem Ingenieurbüro Holz in Falkenhagen und dem Institut für Tierproduktion von der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern sei ebenfalls gedankt für die Bereitstellung der Pedometer.

Für die Unterstützung während der aufwendigen und zeitintensiven Versuche möchte ich mich bei den Mitarbeitern der Versuchsstation Blumberg bedanken und bei den fleißigen studentischen Hilfskräften, die mir so manche Beobachtungszeit abgenommen haben.

Ebenso bedanken möchte ich mich bei Herrn Gottfried Marth für die Unterstützung der ersten Untersuchungen in seinem Landwirtschaftsbetrieb. Seine Bereitschaft, mir trotz großer Arbeitsbelastung immer wieder zu helfen, habe ich nicht als selbstverständlich angesehen. Danke auch an Frank Wehner und Dr. Heinrich Graf von Bassewitz, die mir Büro und Computer in dieser Zeit zur Verfügung stellten und bereits einige Jahre vorher dafür sorgten, dass mir Mutterkuhhaltung richtig viel Spaß macht.

Für die finanzielle Unterstützung gilt mein Dank Dr. Stefan Köhler und dem Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte Berlin sowie dem Berliner Programm zur Förderung der Chancengleichheit für Frauen in Forschung und Lehre.

Nicht vergessen möchte ich die beständige Hilfe und Unterstützung aus dem Familien- und Freundeskreis. Meinen Eltern sei nicht nur für den finanziellen Beistand gedankt, sondern auch für das Zuhören, Aufmuntern und Motivieren in schwierigen Phasen (meines bisherigen Lebens!). Vielen Dank, lieber Steffen für den ausdauernden Gleichmut bei allem Auf und Ab sowie Deinen unerschütterlichen Optimismus. Alles wird gut! Ganz lieben Dank an Dich Corinna, für die Korrekturarbeit und Deine Freundschaft mit der stets währenden Hilfsbereitschaft in Notsituationen.

Berlin 2006

Claudia Bahr

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1-1
2	ERKENNTNISSTAND	2-2
2.1	Umfang der Mutterkuhhaltung	2-2
2.2	Ziele der Mutterkuhhaltung	2-3
2.3	Fruchtbarkeit und Aufzuchtleistung	2-3
2.3.1	Grundlagen	2-3
2.3.2	Einfluss des Herdenmanagements auf die Fruchtbarkeits- und Aufzuchtleistung von Mutterkühen	2-6
2.4	Verhalten von Mutterkühen in naturnaher Haltung	2-12
2.4.1	Sozialstruktur und –verhalten	2-12
2.4.2	Der zirkadiane Rhythmus (Tages- und Nachtperiodik)	2-13
2.4.3	Futtermehraufnahmeverhalten	2-15
2.4.4	Liegeverhalten	2-15
2.4.5	Wiederkauverhalten	2-16
2.4.6	Wasserbedarf und Wasseraufnahmeverhalten	2-16
2.4.7	Verhalten im geburtsnahen Zeitraum	2-19
2.4.8	Verhalten in der Brunstperiode	2-21
2.5	Sensorbasierte Datenerfassung und Datenanalyse von Verhaltensparametern im Precision Livestock Farming	2-23
2.5.1	Grundidee, Ziele und Voraussetzungen im Precision Livestock Farming	2-23
2.5.2	Grundlagen der sensorbasierten Datenerfassung und Datenanalyse	2-24
2.5.3	Entwickelte Systeme zur sensorbasierten Datenerfassung von Verhaltensparametern	2-25
2.5.4	Mathematische Methoden zur Daten- und Problemanalyse von Verhaltensparametern	2-32
3	ZIELSTELLUNGEN DER ARBEIT	3-36
4	MATERIAL UND METHODE	4-37
4.1	Standorte der Versuchsdurchführung	4-37
4.2	Tierbestand	4-39

4.3	Zeiträume der Versuchsdurchführung	4-40
4.4	Erfassung und Analyse der Parameter	4-40
4.4.1	Erfassung der Bewegungsaktivität	4-41
4.4.2	Statistische Analyse der Bewegungsaktivität	4-42
4.4.3	Erfassung der Flächennutzung	4-46
4.4.4	Statistische Analyse der Flächennutzung	4-47
4.4.5	Erfassung der Wasseraufnahme	4-48
4.4.6	Statistische Analyse der Wasseraufnahme	4-49
4.5	Zusammenfassung der statistischen Methoden	4-50
4.6	Tierbeobachtungen in den Untersuchungszeiträumen	4-51
5	ERGEBNISSE ZUM GEBURTSNAHEN ZEITRAUM	5-52
5.1	Abkalbungsereignisse	5-52
5.2	Ergebnisse Parameter Bewegungsaktivität	5-53
5.2.1	Schrittaktivität im Gruppenmittel der 20 Abkalbungen in der Zeit 5ap-3pp	5-53
5.2.2	Mittelwertvergleich der Schrittaktivität ante partum, partus und post partum	5-57
5.2.3	Einzeltieranalyse der Schrittaktivität mit der Lowessfunktion	5-59
5.2.4	Einzeltieranalyse der Schrittaktivität mit der Fourieranalyse	5-62
5.2.5	Brustbeinlage im Gruppenmittel der 20 Abkalbungen in der Zeit 5ap-3pp	5-69
5.2.6	Mittelwertvergleich der Brustbeinlage ante partum, partus und post partum	5-72
5.2.7	Einzeltieranalyse der Brustbeinlage mit der Lowessfunktion	5-74
5.2.8	Einzeltieranalyse der Brustbeinlage mit der Fourieranalyse	5-78
5.2.9	Seitenlage im Gruppenmittel der 20 Abkalbungen in der Zeit 5ap-3pp	5-85
5.2.10	Mittelwertvergleich der Seitenlage ante partum, partus und post partum	5-87
5.2.11	Einzeltieranalyse der Seitenlage mit der Fourieranalyse	5-88
5.2.12	Beziehungen zwischen den Variablen des Parameters Bewegungsaktivität im geburtsnahen Zeitraum	5-90
5.3	Diskussion zum Parameter Bewegungsaktivität im geburtsnahen Zeitraum	5-93
5.3.1	Schrittaktivität	5-93
5.3.2	Brustbeinlage	5-99
5.3.3	Seitenlage	5-103
5.3.4	Beziehungen zwischen den Variablen des Parameters Bewegungsaktivität	5-104
5.3.5	Bewertung des Parameters Bewegungsaktivität und der angewandten statistischen Analysemethoden	5-105

5.4	Ergebnisse Parameter Flächennutzung	5-114
5.4.1	Größe der Minimum Convex Polygone im Gruppenmittel von 8 Abkalbungen in der Zeit 5ap-3pp	5-114
5.4.2	Mittelwertvergleich der Flächennutzung ante partum, partus und post partum	5-115
5.4.3	Beziehungen zwischen Bewegungsaktivität und Flächennutzung im geburtsnahen Zeitraum	5-117
5.5	Diskussion zum Parameter Flächennutzung im geburtsnahen Zeitraum	5-120
5.6	Ergebnisse Parameter Wasseraufnahme	5-123
5.6.1	Tränkebesuche im Gruppenmittel der 18 Abkalbungen in der Zeit 14ap-14pp	5-123
5.6.2	Mittelwertvergleich der Tränkebesuche ante partum, partus und post partum	5-126
5.6.3	Einzeltieranalyse der Tränkebesuche mit der Lowessfunktion	5-128
5.6.4	Einzeltieranalyse der Tränkebesuche mit der Fourieranalyse	5-130
5.6.5	Tränkekontakte im Gruppenmittel der 18 Abkalbungen in der Zeit 14ap-14pp	5-132
5.6.6	Mittelwertvergleich der Tränkekontakte ante partum, partus und post partum	5-135
5.6.7	Einzeltieranalyse der Tränkekontakte mit der Lowessfunktion	5-137
5.6.8	Aufgenommene Wassermenge im Gruppenmittel der 18 Abkalbungen in der Zeit 14ap-14pp	5-138
5.6.9	Mittelwertvergleich der aufgenommenen Wassermenge ante partum, partus und post partum	5-141
5.6.10	Einzeltieranalyse der aufgenommenen Wassermenge mit der Lowessfunktion	5-143
5.6.11	Beziehungen zwischen den Variablen des Parameters Wasseraufnahme im geburtsnahen Zeitraum	5-144
5.6.11.1	Kontakte je Besuch, Menge je Besuch und Menge je Kontakt im Gruppenmittel der 18 Abkalbungen in der Zeit 14ap-14p	5-146
5.7	Diskussion zum Parameter Wasseraufnahme im geburtsnahen Zeitraum	5-149
5.7.1	Tränkebesuche	5-149
5.7.2	Tränkekontakte	5-151
5.7.3	Aufgenommene Wassermenge	5-152
5.7.4	Beziehung zwischen den Variablen des Parameters Wasseraufnahme	5-154
5.7.5	Bewertung des Parameters Wasseraufnahme und der angewandten statistischen Analysemethoden	5-155
6	SCHLUSSFOLGERUNGEN ZUM GEBURTSNAHEN ZEITRAUM	6-156

7	ERGEBNISSE ZUM BRUNSTNAHEN ZEITRAUM	7-158
7.1	Brunstereignisse	7-158
7.2	Ergebnisse Parameter Bewegungsaktivität	7-159
7.2.1	Schrittaktivität im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 5 pro-3 post oestrus	7-159
7.2.2	Mittelwertvergleich der Schrittaktivität zwischen brunstunbeeinflusster (bub) und brunstbeeinflusster (bb) Zeit	7-162
7.2.3	Einzeltieranalyse der Schrittaktivität mit der Lowessfunktion	7-163
7.2.4	Einzeltieranalyse der Schrittaktivität mit der Fourieranalyse	7-165
7.2.5	Brustbeinlage im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 5pro-3post oestrus	7-170
7.2.6	Mittelwertvergleich der Brustbeinlage zwischen brunstunbeeinflusster (bub) und brunstbeeinflusster (bb) Zeit	7-173
7.2.7	Einzeltieranalyse der Brustbeinlage mit der Lowessfunktion	7-173
7.2.8	Einzeltieranalyse der Brustbeinlage mit der Fourieranalyse	7-175
7.2.9	Seitenlage im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 5pro-3post oestrus	7-180
7.2.10	Mittelwertvergleich der Seitenlage zwischen brunstunbeeinflusster (bub) und brunstbeeinflusster (bb) Zeit	7-182
7.2.11	Einzeltieranalyse der Seitenlage mit der Fourieranalyse	7-183
7.2.12	Beziehungen zwischen den Variablen des Parameters Bewegungsaktivität im brunstnahen Zeitraum	7-184
7.3	Diskussion zum Parameter Bewegungsaktivität im brunstnahen Zeitraum	7-186
7.3.1	Schrittaktivität	7-186
7.3.2	Brustbeinlage	7-189
7.3.3	Seitenlage	7-191
7.3.4	Beziehungen zwischen den Variablen des Parameters Bewegungsaktivität	7-192
7.3.5	Bewertung des Parameters Bewegungsaktivität und der angewandten statistischen Analysemethoden	7-193
7.4	Ergebnisse Parameter Flächennutzung	7-200
7.4.1	Größe der Minimum Convex Polygone im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 5 pro-5 post oestrus	7-200
7.4.2	Mittelwertvergleich der Flächennutzung zwischen brunstunbeeinflusster (bub) und brunstbeeinflusster (bb) Zeit	7-201
7.4.3	Beziehungen zwischen Bewegungsaktivität und Flächennutzung im brunstnahen Zeitraum	7-201
7.5	Diskussion zum Parameter Flächennutzung im brunstnahen Zeitraum	7-203

7.6	Ergebnisse Parameter Wasseraufnahme	7-204
7.6.1	Tränkebesuche im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 14pro-14post oestrus	7-204
7.6.2	Mittelwertvergleich der Tränkebesuche zwischen brunstunbeeinflusster (bub) und brunstbeeinflusster (bb) Zeit	7-207
7.6.3	Einzeltieranalyse der Tränkebesuche mit der Lowessfunktion	7-208
7.6.4	Einzeltieranalyse der Tränkebesuche mit der Fourieranalyse	7-209
7.6.5	Tränkekontakte im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 14 pro-14post oestrus	7-210
7.6.6	Mittelwertvergleich der Tränkekontakte zwischen brunstunbeeinflusster (bub) und brunstbeeinflusster (bb) Zeit	7-213
7.6.7	Einzeltieranalyse der Tränkekontakte mit der Lowessfunktion	7-213
7.6.8	Aufgenommene Wassermenge im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 14pro-14post oestrus	7-214
7.6.9	Mittelwertvergleich der aufgenommenen Wassermenge zwischen brunstunbeeinflusster (bub) und brunstbeeinflusster (bb) Zeit	7-217
7.6.10	Einzeltieranalyse der aufgenommenen Wassermenge mit der Lowessfunktion	7-218
7.6.11	Beziehungen zwischen den Variablen des Parameters Wasseraufnahme im brunstnahen Zeitraum	7-218
7.6.11.1	Kontakte je Besuch, Menge je Kontakt und Menge je Besuch im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 14pro-14post oestrus	7-220
7.7	Diskussion zum Parameter Wasseraufnahme im brunstnahen Zeitraum	7-222
7.7.1	Tränkebesuche	7-222
7.7.2	Tränkekontakte	7-223
7.7.3	Aufgenommene Wassermenge	7-224
7.7.4	Beziehungen zwischen den Variablen des Parameters Wasseraufnahme	7-224
7.7.5	Bewertung des Parameters Wasseraufnahme und der angewandten statistischen Analysemethoden	7-225
8	SCHLUSSFOLGERUNGEN ZUM BRUNSTNAHEN ZEITRAUM	8-226
9	ZUSAMMENFASSUNG	9-228
10	LITERATURVERZEICHNIS	10-229

Abkürzungsverzeichnis

ap/ a. p.	ante partum
bb	brunstbeeinflusst
BES	Tränkebesuche
BL	Brustbeinlage
bub	brunstunbeeinflusst
CON	Convex Polygone
KON	Tränkekontakte
Harm. Anteil	Harmonischer Anteil
l	Liter
LKG	leistungsbezogener Kopplungsgrad
m ²	Quadratmeter
MEN	Wassermenge
min	Minute
Mt.	Millionen Tonnen
oest	oestrus
part	partus
pos	post
pp/ p. p.	post partum
s ²	Standardabweichung
SL	Seitenlage
ST	Schrittzahl/ Schritimpulse
TA	Tierarzt

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Rind- und Kalbfleischproduktion weltweit und in verschiedenen Länder 2004 in Mt.	2-2
Tabelle 2:	Kenngößen zur Darstellung von Fruchtbarkeits- und Aufzuchtleistungen nach BALLIET (1994) und ANONYM 4 (2004):	2-4
Tabelle 3:	Überblick über Fruchtbarkeitsleistungen in Mutterkuhherden nach BALLIET (1994)	2-5
Tabelle 4:	Möglicher Einfluss der Anzahl lebend geborener Kälber und der Aufzuchtverluste auf die Erlöse je Mutterkuh (MK) und Jahr nach SACHER, DIENER (2003)	2-5
Tabelle 5:	Geburts- und Fruchtbarkeitskennzahlen bei unterschiedlichem Energieniveau des Futters 4-6 Wochen vor der Abkalbung in Bezug zur vorherigen Fütterung (BALLIET 1994)	2-6
Tabelle 6:	Trächtigkeitsrate von Mutterkühen in verschiedenen Kalbe- und Belegungsperioden (GOLZE ET AL. 1997)	2-7
Tabelle 7:	Aufzuchtleistung in Abhängigkeit vom Kalbezeitraum nach GOLZE ET AL. (1997)	2-8
Tabelle 8:	Trächtigkeits- und Aufzuchttrate in Abhängigkeit von der Kalbenummer nach GOLZE ET AL. (1997)	2-8
Tabelle 9:	Erstkalbealter in Monaten bei unterschiedlichen Rassen in der Mutterkuhhaltung (HAMPEL 1994; SAMBRAUS, SCHÖN, HAIDN 2002)	2-9
Tabelle 10:	Zuchtleistung von Fleckvieh - Mutterkühen mit unterschiedlichem Erstkalbealter (MARTIN, ENGEL 2006)	2-10
Tabelle 11:	Einfluss der Herdengröße auf die Trächtigkeit bei Mutterkühen (GOLZE ET AL. 1997)	2-10
Tabelle 12:	Geburts- und Fruchtbarkeitskennzahlen bei unterschiedlichem Beobachtungsniveau während der Abkalbperiode (BALLIET 1994)	2-11
Tabelle 13:	Zusammenhang zwischen Reproduktionsrate und weiblichen Absetzern zum Verkauf (Herde mit 100 Mutterkühen, 93 Absetzern – 47 männlich, 46 weiblich) nach SACHER, DIENER (2003)	2-12
Tabelle 14:	Zusammenfassung der beschriebenen Systeme (eigene Darstellung)	2-31
Tabelle 15:	Überblick über Versuchszeiträume und erfasste Parameter	4-40
Tabelle 16:	Datenerfassungssystem der ALT-Pedometer dargestellt an einem Beispiel	4-42
Tabelle 17:	Einteilung der Tageszeitabschnitte	4-43
Tabelle 18:	Angewandte statistische Methoden und die dazu verwendeten PC-Programme	4-44
Tabelle 19:	Zusammenfassung der statistischen Maßnahmen innerhalb der Parameter	4-50
Tabelle 20:	Überblick über die Abkalbungen und deren Verlauf	5-52
Tabelle 21:	Vergleich der Schrittaktivität a. p. und p. p.	5-57
Tabelle 22:	Vergleich der Schrittaktivität a. p. und partus	5-58
Tabelle 23:	Vergleich der Schrittaktivität partus und p. p.	5-58
Tabelle 24:	Vergleich der Zeit in Brustbeinlage a. p. und p. p.	5-73
Tabelle 25:	Vergleich der Zeit in Brustbeinlagelage a. p. und partus	5-74
Tabelle 26:	Vergleich der Zeit in Seitenlage a. p. und p. p.	5-87
Tabelle 27:	Korrelationskoeffizienten zwischen Schrittaktivität und Brustbeinlage im geburtsnahen Zeitraum	5-90
Tabelle 28:	Korrelationskoeffizienten zwischen Schrittaktivität und Seitenlage im geburtsnahen Zeitraum	5-91
Tabelle 29:	Korrelationskoeffizienten zwischen Brustbeinlage und Seitenlage im geburtsnahen Zeitraum	5-92
Tabelle 30:	Merkmale zur Bewertung der Trendverläufe (Lowessfunktion)	5-106
Tabelle 31:	Merkmale zur Bewertung von LKG und Harmonischen Anteilen (Fourieranalyse)	5-107
Tabelle 32:	Bewertung der Trendverläufe (Lowessfunktion) mit Hilfe der festgelegten numerischen Werte	5-108

Tabelle 33:	Bewertung von LKG und Harmonischen Anteilen (Fourieranalyse) mit Hilfe der festgelegten numerischen Werte	5-109
Tabelle 34:	Verknüpfung von Lowessfunktion und Fourieranalyse zu einem Bewertungsmodell	5-112
Tabelle 35:	Zusammenfassung der Effizienzparameter aller vorgestellten Bewertungsmodelle	5-113
Tabelle 36:	Vergleich der Minimum Convex Polygone in m ² a. p. und p. p.	5-116
Tabelle 37:	Vergleich der Minimum Convex Polygone in m ² a. p. und partus	5-116
Tabelle 38:	Vergleich der Minimum Convex Polygone in m ² partus und p. p.	5-117
Tabelle 39:	Korrelationskoeffizienten zwischen Schrittaktivität und Flächennutzung im geburtsnahen Zeitraum	5-118
Tabelle 40:	Korrelationskoeffizienten zwischen Brustbeinlage und Flächennutzung im geburtsnahen Zeitraum	5-118
Tabelle 41:	Korrelationskoeffizienten zwischen Seitenlage und Flächennutzung im geburtsnahen Zeitraum	5-119
Tabelle 42:	Vergleich der Tränkebesuche a. p. und p. p.	5-127
Tabelle 43:	Vergleich der Tränkebesuche a. p. und partus	5-128
Tabelle 44:	Vergleich der Tränkebesuche partus und p. p.	5-128
Tabelle 45:	Vergleich der Tränkekontakte a. p. und p. p.	5-135
Tabelle 46:	Vergleich der Tränkekontakte a. p. und partus	5-136
Tabelle 47:	Vergleich der Tränkekontakte partus und p. p.	5-136
Tabelle 48:	Vergleich der aufgenommenen Wassermenge a. p. und p. p.	5-141
Tabelle 49:	Vergleich der aufgenommenen Wassermenge a. p. und partus	5-142
Tabelle 50:	Vergleich der aufgenommenen Wassermenge partus und p. p.	5-142
Tabelle 51:	Korrelationskoeffizienten zwischen Tränkebesuchen und Tränkekontakten im geburtsnahen Zeitraum	5-144
Tabelle 52:	Korrelationskoeffizienten zwischen Wassermenge und Tränkebesuchen im geburtsnahen Zeitraum	5-145
Tabelle 53:	Korrelationskoeffizienten zwischen Wassermenge und Tränkekontakten im geburtsnahen Zeitraum	5-146
Tabelle 54:	Überblick über die Brunstereignisse und den Status der Rinder	7-158
Tabelle 55:	Vergleich der Schrittaktivität zwischen brunstunbeeinflusster und brunstbeeinflusster Zeit	7-163
Tabelle 56:	Korrelationskoeffizienten zwischen Schrittzahl, Brustbeinlage und Seitenlage im brunstunbeeinflussten- (bub) und brunstbeeinflussten (bb) Zeitraum	7-185
Tabelle 57:	Bewertung der Trendverläufe (Lowessfunktion) mit Hilfe der festgelegten numerischen Werte	7-194
Tabelle 58:	Bewertung der LKG und Harmonischen Anteile (Fourieranalyse) mit Hilfe der festgelegten numerischen Werte	7-196
Tabelle 59:	Verknüpfung von Lowessfunktion und Fourieranalyse zu einem Bewertungsmodell	7-198
Tabelle 60:	Zusammenfassung der Effizienzparameter aller vorgestellten Bewertungsmodelle	7-199
Tabelle 61:	Korrelationskoeffizienten zwischen Bewegungsaktivität und Flächennutzung im brunstnahen Zeitraum	7-201
Tabelle 62:	Vergleich der Tränkebesuche zwischen brunstunbeeinflusster und brunstbeeinflusster Zeit	7-208
Tabelle 63:	LKG der Tränkebesuche im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 14pro-14post oestrus	7-209
Tabelle 64:	Vergleich der Tränkekontakte zwischen brunstunbeeinflusster und brunstbeeinflusster Zeit	7-213
Tabelle 65:	Vergleich der aufgenommenen Wassermenge zwischen brunstunbeeinflusster und brunstbeeinflusster Zeit	7-217
Tabelle 66:	Korrelationskoeffizienten zwischen den Variablen des Parameters Wasseraufnahme im brunstnahen Zeitraum	7-219

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Einflüsse auf die Fruchtbarkeit von Rindern im Überblick nach GOTTSCALK, ALPS, ROSENBERGER (1992)	2-3
Abbildung 2:	Einflussfaktoren auf den Tränkwasserbedarf (nach MEHLHORN 1979)	2-17
Abbildung 3:	Beziehung zwischen mathematischen Modellen und dem realen Produktionsprozess nach RODRIGUES und ZIMMERMANN (1998)	2-32
Abbildung 4:	Weidefläche der Mutterkühe in Blumberg	4-37
Abbildung 5:	Weidefläche der Mutterkühe im Landwirtschaftsbetrieb	4-38
Abbildung 6:	Gelbviehkühe der Herde in Blumberg	4-39
Abbildung 7:	Kreuzungskühe der Herde im Landwirtschaftsbetrieb	4-39
Abbildung 8:	Einteilung Zeitachse für den Parameter Bewegungsaktivität im geburtsnahen Zeitraum	4-42
Abbildung 9:	Einteilung Zeitachse für den Parameter Bewegungsaktivität im brunstnahen Zeitraum	4-43
Abbildung 10:	Einteilung der Zeitabschnitte für die Fourieranalyse des geburtsnahen Zeitraumes	4-44
Abbildung 11:	Ermittlung der Flächennutzung	4-46
Abbildung 12:	Einteilung Zeitachse für den Parameter Flächennutzung im geburtsnahen Zeitraum	4-48
Abbildung 13:	Einzeltiertränke in Blumberg	4-49
Abbildung 14:	Einteilung Zeitachse für den Parameter Wasseraufnahme im geburtsnahen Zeitraum	4-49
Abbildung 15:	Einteilung Zeitachse für den Parameter Wasseraufnahme im brunstnahen Zeitraum	4-50
Abbildung 16:	Gruppenmittel der Schrittaktivität von 20 Abkalbungen – Anteile der 4-Stunden Tageszeitabschnitte	5-54
Abbildung 17:	Gruppenmittel der Schrittaktivität von 20 Abkalbungen – Anteile der 8-Stunden Tageszeitabschnitte	5-55
Abbildung 18:	Gruppenmittel der Schrittaktivität von 20 Abkalbungen – Anteile der 12-Stunden Tageszeitabschnitte	5-56
Abbildung 19:	Schrittaktivität - Scatterplot der Kuh 4 280702 mit 10%iger Glättung	5-59
Abbildung 20:	Schrittaktivität - Scatterplot der Kuh 4 280702 mit 5%iger Glättung	5-60
Abbildung 21:	Schrittaktivität - Scatterplot der Kuh 4 280702 mit 1%iger Glättung	5-61
Abbildung 22:	Schrittaktivität - LKG im Gruppenmittel der 20 Abkalbungen in der Zeit 5ap-3pp	5-62
Abbildung 23:	Schrittaktivität - Mutterkühe mit einem LKG bis 60% in den Zeitabschnitten 1ap-partus und partus-1pp	5-63
Abbildung 24:	Schrittaktivität - Mutterkühe mit einem LKG bis 60% im Zeitabschnitt 1ap-partus oder partus-1pp	5-64
Abbildung 25:	Schrittaktivität - Mutterkühe mit einem LKG über 60% in den Zeitabschnitten 1ap-partus und partus-1pp	5-65
Abbildung 26:	Schrittaktivität - Harmonische Anteile im Gruppenmittel der 20 Abkalbungen in der Zeit 5ap-3pp	5-66
Abbildung 27:	Schrittaktivität - Mutterkühe mit einem Harmonischen Anteil bis 20% in den Zeitabschnitten 1ap-partus und partus-1pp sowie einer absinkenden Tendenz	5-67
Abbildung 28:	Schrittaktivität - Mutterkühe mit einem Harmonischen Anteil bis 20% im Zeitabschnitt 1ap-partus oder partus-1pp bzw. einer absinkenden Tendenz	5-67
Abbildung 29:	Schrittaktivität - Mutterkühe mit einem Harmonischen Anteil über 20% in den Zeitabschnitten 1ap-partus oder partus-1pp und ohne eindeutige Tendenz	5-68
Abbildung 30:	Gruppenmittel der Zeit in Brustbeinlage von 20 Abkalbungen – Anteile der 4-Stunden Tageszeitabschnitte	5-69
Abbildung 31:	Gruppenmittel der Zeit in Brustbeinlage von 20 Abkalbungen – Anteile der 8-Stunden Tageszeitabschnitte	5-71

Abbildung 32:	Gruppenmittel der Zeit in Brustbeinlage von 20 Abkalbungen – Anteile der 12-Stunden Tageszeitabschnitte	5-71
Abbildung 33:	Brustbeinlage - Scatterplot der Kuh 4 280702 mit 10%iger Glättung	5-75
Abbildung 34:	Brustbeinlage - Scatterplot der Kuh 4 280702 mit 5%iger Glättung	5-76
Abbildung 35:	Brustbeinlage - Scatterplot der Kuh 4 280702 mit 1%iger Glättung	5-77
Abbildung 36:	Brustbeinlage – LKG im Gruppenmittel der 20 Abkalbungen in der Zeit 5ap-3pp	5-78
Abbildung 37:	Brustbeinlage - Mutterkühe mit einem LKG bis 60% in den Zeitabschnitten 1ap-partus und partus-1pp	5-79
Abbildung 38:	Brustbeinlage - Mutterkühe mit einem LKG bis 60% im Zeitabschnitt 1ap-partus oder partus-1pp	5-80
Abbildung 39:	Brustbeinlage - Mutterkühe mit einem LKG über 60% in den Zeitabschnitten 1ap-partus und partus-1pp	5-81
Abbildung 40:	Brustbeinlage – Harmonische Anteile im Gruppenmittel der 20 Abkalbungen in der Zeit 5ap-3pp	5-82
Abbildung 41:	Brustbeinlage - Mutterkühe mit einem Harmonischen Anteil bis 40% in den Zeitabschnitten 1ap-partus und partus-1pp sowie einer absinkenden Tendenz	5-82
Abbildung 42:	Brustbeinlage - Mutterkühe mit einem Harmonischen Anteil bis 40% im Zeitabschnitt 1ap-partus oder partus-1pp und/ oder einer absinkenden Tendenz	5-83
Abbildung 43:	Mutterkühe mit einem Harmonischen Anteil über 40% in den Zeitabschnitten 1ap-partus oder partus-1pp bzw. keiner eindeutigen Tendenz	5-84
Abbildung 44:	Gruppenmittel der Zeit in Seitenlage von 20 Abkalbungen – Anteile der 4-Stunden Tageszeitabschnitte	5-85
Abbildung 45:	Gruppenmittel der Zeit in Seitenlage von 20 Abkalbungen – Anteile der 8-Stunden Tageszeitabschnitte	5-86
Abbildung 46:	Gruppenmittel der Zeit in Seitenlage von 20 Abkalbungen – Anteile der 12-Stunden Tageszeitabschnitte	5-86
Abbildung 47:	Seitenlage - LKG im Gruppenmittel der 20 Abkalbungen in der Zeit 5ap-3pp	5-88
Abbildung 48:	Seitenlage – Harmonischer Anteil im Gruppenmittel der 20 Abkalbungen in der Zeit 5ap-3pp	5-89
Abbildung 49:	Gruppenmittel der Minimum Convex Polygone am Vormittag, am Nachmittag und in der tägl. Messzeit ges. - 8 Abkalbungsereignisse im Messzeitraum	5-114
Abbildung 50:	Gruppenmittel der Tränkebesuche von 18 Abkalbungen – Anteile der 4-Stunden Tageszeitabschnitte	5-124
Abbildung 51:	Gruppenmittel der Tränkebesuche von 18 Abkalbungen – Anteile der 8-Stunden Tageszeitintervalle	5-125
Abbildung 52:	Gruppenmittel der Tränkebesuche von 18 Abkalbungen – Anteile der 12-Stunden Tageszeitintervalle	5-126
Abbildung 53:	Tränkebesuche – Scatterplot der Kuh 7 081102 mit 10%iger Glättung	5-129
Abbildung 54:	Tränkebesuche – Scatterplot der Kuh 7 081102 mit 5%iger Glättung	5-129
Abbildung 55:	Tränkebesuche – Scatterplot der Kuh 7 081102 mit 1,5%iger Glättung	5-130
Abbildung 56:	Tränkebesuche – LKG im Gruppenmittel der 20 Abkalbungen in der Zeit 14ap-14pp	5-131
Abbildung 57:	Tränkebesuche – Harmonischer Anteil im Gruppenmittel der 20 Abkalbungen in der Zeit 14ap-14pp	5-131
Abbildung 58:	Gruppenmittel der Tränkekontakte von 18 Abkalbungen – Anteile der 4-Stunden Tageszeitabschnitte	5-132
Abbildung 59:	Gruppenmittel der Tränkekontakte von 18 Abkalbungen – Anteile der 8-Stunden Tageszeitabschnitte	5-133
Abbildung 60:	Gruppenmittel der Tränkekontakte von 18 Abkalbungen – Anteile der 12-Stunden Tageszeitabschnitte	5-134
Abbildung 61:	Tränkekontakte – Scatterplot der Kuh 7 081102 mit 1%iger Glättung	5-137
Abbildung 62:	Gruppenmittel der aufgenommenen Wassermenge von 18 Abkalbungen - Anteile der 4-Stunden Tageszeitabschnitte	5-138

Abbildung 63:	Gruppenmittel der aufgenommenen Wassermenge von 18 Abkalbungen – Anteile der 8-Stunden Tageszeitabschnitte	5-139
Abbildung 64:	Gruppenmittel der aufgenommenen Wassermenge von 18 Abkalbungen – Anteile der 12-Stunden Tageszeitabschnitte	5-140
Abbildung 65:	Aufgenommene Wassermenge – Scatterplot der Kuh 7 081102 mit 1,5%iger Glättung	5-143
Abbildung 66:	Gruppenmittel der Kontakte je Besuch in 24 Stunden bei 18 Abkalbungen	5-147
Abbildung 67:	Gruppenmittel der aufgenommenen Wassermenge je Besuch in 24 Stunden bei 18 Abkalbungen	5-147
Abbildung 68:	Gruppenmittel der aufgenommenen Wassermenge je Kontakt in 24 Stunden bei 18 Abkalbungen	5-148
Abbildung 69:	Gruppenmittel der Schrittaktivität von 10 Brunstereignissen – Anteile der 4-Stunden Tageszeitabschnitte	7-160
Abbildung 70:	Gruppenmittel der Schrittaktivität von 10 Brunstereignissen – Anteile der 8-Stunden Tageszeitabschnitte	7-161
Abbildung 71:	Gruppenmittel der Schrittaktivität von 10 Brunstereignissen – Anteile der 12-Stunden Tageszeitabschnitte	7-161
Abbildung 72:	Schrittaktivität - Scatterplot der Kuh 222 100704 mit 1%iger Glättung	7-164
Abbildung 73:	Schrittaktivität - Scatterplot der Kuh 333 160704 mit 1%iger Glättung	7-165
Abbildung 74:	Schrittaktivität - LKG im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 5pro – 3 post oestrus	7-166
Abbildung 75:	Schrittaktivität - Mutterkühe mit einem tendenziell absinkenden LKG in den Zeitabschnitten 1pro-oestrus und oestrus-1post	7-166
Abbildung 76:	Schrittaktivität - Mutterkühe ohne tendenziell absinkenden LKG in den Zeitabschnitten 1pro-oestrus und oestrus-1post	7-167
Abbildung 77:	Schrittaktivität - Harmonischer Anteil im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 5pro-3post oestrus	7-168
Abbildung 78:	Schrittaktivität - Mutterkühe mit einem tendenziell absinkenden Harmonischen Anteil in den Zeitabschnitten 1pro-oestrus oder oestrus-1post	7-169
Abbildung 79:	Schrittaktivität – Mutterkühe ohne tendenziell absinkenden Harmonischen Anteil in den Zeitabschnitten 1pro-oestrus und oestrus-1post	7-169
Abbildung 80:	Gruppenmittel der Brustbeinlage von 10 Brunstereignissen – Anteile der 4-Stunden Tageszeitabschnitte	7-170
Abbildung 81:	Gruppenmittel der Brustbeinlage von 10 Brunstereignissen – Anteile der 8-Stunden Tageszeitabschnitte	7-171
Abbildung 82:	Gruppenmittel der Brustbeinlage von 10 Brunstereignissen – Anteile der 12-Stunden Tageszeitabschnitte	7-172
Abbildung 83:	Brustbeinlage - Scatterplot der Kuh 111 220702 mit 5%iger Glättung	7-174
Abbildung 84:	Brustbeinlage - Scatterplot der Kuh 13 120702 mit 5%iger Glättung	7-175
Abbildung 85:	Brustbeinlage - LKG im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 5pro-3post oestrus	7-176
Abbildung 86:	Brustbeinlage - Mutterkühe mit einem tendenziell absinkenden LKG in den Zeitabschnitten 1pro-oestrus und oestrus-1post	7-177
Abbildung 87:	Brustbeinlage - Mutterkühe ohne tendenziell absinkenden LKG in den Zeitabschnitten 1pro-oestrus und oestrus-1post	7-177
Abbildung 88:	Brustbeinlage – Harmonischer Anteil im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 5pro-3post oestrus	7-178
Abbildung 89:	Brustbeinlage - Mutterkühe mit einem tendenziell absinkenden Harmonischen Anteil in den Zeitabschnitten 1pro-oestrus und oestrus-1post	7-179
Abbildung 90:	Brustbeinlage - Mutterkühe ohne tendenziell absinkenden Harmonischen Anteil in den Zeitabschnitten 1pro-oestrus und oestrus-1post	7-179
Abbildung 91:	Gruppenmittel der Seitenlage von 10 Brunstereignissen – Anteile der 4-Stunden Tageszeitabschnitte	7-180
Abbildung 92:	Gruppenmittel der Seitenlage von 10 Brunstereignissen – Anteile der 8-Stunden Tageszeitabschnitte	7-181

Abbildung 93:	Gruppenmittel der Seitenlage von 10 Brunstereignissen – Anteile der 12-Stunden Tageszeitabschnitte	7-181
Abbildung 94:	Seitenlage - LKG im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 5pro-3post oestrus	7-183
Abbildung 95:	Seitenlage – Harmonischer Anteil im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 5pro-3post oestrus	7-184
Abbildung 96:	Gruppenmittel der Minimum Convex Polygone am Vormittag, am Nachmittag und in der tägl. Messzeit ges. bei 10 Brunstereignissen	7-200
Abbildung 97:	Gruppenmittel der Tränkebesuche von 10 Brunstereignissen – Anteile der 4-Stunden Tagesabschnitte	7-205
Abbildung 98:	Gruppenmittel der Tränkebesuche von 10 Brunstereignissen – Anteile der 8-Stunden Tageszeitabschnitte	7-206
Abbildung 99:	Gruppenmittel der Tränkebesuche von 10 Brunstereignissen – Anteile der 12-Stunden Tageszeitabschnitte	7-207
Abbildung 100:	Tränkebesuche - Scatterplot der Kuh 13 120702 mit 1%iger Glättung	7-208
Abbildung 101:	Gruppenmittel der Kontakte an der Tränke von 10 Brunstereignissen – Anteile der 4-Stunden Tageszeitabschnitte	7-210
Abbildung 102:	Gruppenmittel der Kontakte an der Tränke von 10 Brunstereignissen – Anteile der 8-Stunden Tageszeitabschnitte	7-211
Abbildung 103:	Gruppenmittel der Kontakte an der Tränke von 10 Brunstereignissen – Anteile der 12-Stunden Tageszeitabschnitte	7-212
Abbildung 104:	Tränkekontakte - Scatterplot der Kuh 13 120702 mit 1%iger Glättung	7-214
Abbildung 105:	Gruppenmittel der aufgenommenen Wassermenge von 10 Brunstereignissen - Anteile der 4-Stunden Tageszeitabschnitte	7-215
Abbildung 106:	Gruppenmittel der aufgenommenen Wassermenge von 10 Brunstereignissen - Anteile der 8-Stunden Tageszeitabschnitte	7-216
Abbildung 107:	Gruppenmittel der aufgenommenen Wassermenge von 10 Brunstereignissen – Anteile der 12-Stunden Tageszeitabschnitte	7-217
Abbildung 108:	Aufgenommene Wassermenge - Scatterplot der Kuh 13 120702 mit 1%iger Glättung	7-218
Abbildung 109:	Gruppenmittel der Kontakte je Besuch in 24 Stunden bei 10 Brunstereignissen	7-220
Abbildung 110:	Gruppenmittel der Menge je Besuch in 24 Stunden bei 10 Brunstereignissen	7-221
Abbildung 111:	Gruppenmittel der Menge je Kontakt in 24 Stunden bei 10 Brunstereignissen	7-221

1 Einleitung

Im Rahmen des Precision Livestock Farming eröffnet der Einsatz von Sensoren und Mikroprozessoren die Möglichkeit, Tierverhalten und dessen Änderungen objektiv zu erfassen und zu bewerten, damit sie als Indikatoren und Entscheidungshilfen im Produktionsprozess zu nutzen sind. Die Anwendung solcher Systeme gewährleistet bereits in verschiedenen Tierhaltungen eine computergestützte, individuelle sowie zeitgenaue Tierkontrolle und Tierüberwachung. Von der Entwicklung sind extensive Haltungsverfahren, wie die Mutterkuhhaltung, in der Regel bisher ausgenommen. Es wird argumentiert, dass ein extensives und an großflächige Weidenutzung gebundenes Verfahren, den Einsatz sensorgestützter Kontrollsysteme sowohl aus Kostengründen, als auch durch die flexible Nutzung verschiedener Weideflächen, erschwere.

In der Mutterkuhhaltung sind Kontakte zwischen Mensch und Tier haltungsbedingt selten bzw. auf ein Minimum reduziert. Deshalb zeigen Mutterkühe häufig eine ausgeprägte Scheuheit, mit steigenden Fluchtdistanzen sowie verschärften Abwehrreaktionen. Dieses, als natürlich einzustufende Verhalten, ebenso wie die gegebenen Ausweichmöglichkeiten auf großen, zum Teil sehr heterogenen Weideflächen, erschwert eine genaue und effektive Tierüberwachung durch den Menschen. Deshalb könnte die Integration sensorbasierter Systeme in der Mutterkuhhaltung die einzeltierbezogene Kontrolle und Überwachung unterstützen. Die wichtigste wirtschaftliche Größe des Verfahrens ist das aufgezogene Kalb. Eine allgemeingültige Regel aus der Praxis verlangt die Erzeugung von einem Kalb pro Mutterkuh und Jahr. Aus diesem Grund ist die intensive Überwachung der Reproduktion ein zentraler Faktor. Sie sollte die Erzeugung eines intakten Embryos, den Ablauf einer komplikationslosen Trächtigkeit, verbunden mit der zeitgerechten sowie problemfreien Geburt eines lebensstarken Kalbes und eine zeitgerechte Wiederbelegung zum Ziel haben. Für die Ökonomie der Mutterkuhhaltung sowie für das einzelne Tier entscheidende Situationen sind folglich die Zeiträume der Abkalbung und der Brunst. Es ist bekannt, dass beide Zeiträume von Seiten der Mutterkühe mit typischen Verhaltensänderungen verbunden sind. Die sensorbasierte Erfassung von Tierreaktionen könnte diesbezüglich eine zeitnahe Erkennung eines Ereignisses ermöglichen.

Bisher ist die technische Integration von sensor- und rechnergestützten Systemen in Extensivhaltungen noch mit Problemen behaftet. Durch den stetig anhaltenden Fortschritt werden sich aber die technischen Entwicklungen auf diesem Gebiet weiterhin verbessern. Bis jetzt fehlen jedoch Kenntnisse zur Nutzbarkeit und Effizienz von messbaren Verhaltensparametern, die z. B. der Tierüberwachung von Mutterkuhherden dienen können.

2 Erkenntnisstand

2.1 Umfang der Mutterkuhhaltung

Unter dem Begriff Mutterkuhhaltung versteht man ein Verfahren zur Rindfleischerzeugung, bei dem die Mutterkuh ihr eigenes Kalb in einer Laktation aufzieht (GOTTSCHALK, ALPS, ROSENBERGER 1992; ANONYM 1 1994; HAMPEL 1994; GOLZE ET AL. 1997). SAMBRAUS (1991) nennt das Fleisch als weltweit wirtschaftlich wichtigstes Produkt von Rindern. Im Weltmaßstab betrachtet, ist die Mutterkuhhaltung auch das am weitesten verbreitete Verfahren der Rinderhaltung (HAMPEL 1994; GOLZE ET AL. 1997). Mutterkuhhaltung ist traditionell dort zu finden, wo es ausreichende (GOLZE ET AL. 1997) und nach Möglichkeit große zusammenhängende Grünlandflächen gibt. Zu den wichtigsten Erzeugerländern gehören die USA und Kanada, in Südamerika Argentinien und Brasilien, Australien und Neuseeland sowie in Europa Frankreich und Großbritannien (BOGNER 1978, SAMBRAUS 1991; HAMPEL 1994; GOLZE ET AL. 1997).

Tabelle 1: Rind- und Kalbfleischproduktion weltweit und in verschiedenen Länder 2004 in Mt.

	Welt	USA	Brasilien	Argentinien	Australien	Frankreich	Kanada
2004	59,2	11,3	7,8	2,7	2,0	1,6	1,5

Quelle: ANONYM 5 (2005)

In den USA entfallen nach GOLZE ET AL. (1997) 75% des gesamten Rinderbestandes auf Fleischrinder. Die Zahl der Mutterkühe belief sich dort 2005 auf 33,75 Mio. Tiere (ANONYM 6 2005). In Deutschland war 1990 der Anteil der Mutterkühe mit 1,5% am Gesamtkuhbestand und mit 209.568 Tieren trotz deutlicher Steigerung der Tierzahlen immer noch völlig unbedeutend (GOTTSCHALK, ALPS, ROSENBERGER 1992). Bis zum Jahr 1999 stieg der Mutterkuhbestand um mehr als das Dreifache auf 705.077 Tiere (ANONYM 7 2005). Diese Entwicklung wurde neben der Milchquotenregelung positiv durch die Förderungsmaßnahmen der EU beeinflusst (ANONYM 1 1994, WAGNER 1995, GOLZE ET AL. 1997). Bis zum Jahr 2004 stieg der Anteil Mutterkühe am Gesamtkuhbestand auf 13,2% (ANONYM 7 2005), wobei Brandenburg mit 91.800 Mutterkühen den größten Bestand bundesweit aufweist (ANONYM 4 2004).

2.2 Ziele der Mutterkuhhaltung

Die Hauptziele in der Mutterkuhhaltung sind die Erzeugung, Schlachtung bzw. der Verkauf von Absetzern (Jungrinder im Alter von 6 bis 11 Monaten), die Aufmast der Absetzer im Betrieb sowie der Zuchttierverkauf oder eine Kombination der genannten Möglichkeiten (GOTTSCHALK, ALPS, ROSENBERGER 1992; EBEL 2002). Nach LAIBLIN (1995), BAARS (1999) und MARTIN (2005) müssen alle Bemühungen für die Rentabilität der Mutterkuhhaltung auf zwei Ziele ausgerichtet sein:

1. die Geburt und Aufzucht eines gesundes Kalbes je Mutterkuh und Jahr, denn die Anzahl der erzeugten Absetzer bestimmt die Verkaufserlöse, die einen dominierenden Anteil an den Gesamterlösen haben (SACHER, DIENER 2003) und
2. den bestmöglichen Verkauf eines gesunden frohwüchsigen Absetzers.

2.3 Fruchtbarkeit und Aufzuchtleistung

2.3.1 Grundlagen

Das Kalb der Mutterkuh ist das Hauptprodukt und somit die wichtigste ökonomische Größe des Verfahrens. Deshalb stellt die Sicherung einer optimalen Herdenfruchtbarkeit und Aufzuchtleistung einen entscheidenden Faktor für die Rentabilität der Mutterkuhhaltung dar (LAIBLIN 1995; STARK 2000; SACHER, DIENER 2003). Die Fruchtbarkeitsleistungen von Rindern werden nach wissenschaftlichen Erkenntnissen mit nur 15% der Erbllichkeit (Heritabilität) zugeschrieben. Damit bestimmen Umweltfaktoren die Fruchtbarkeit mit etwa 85% zum erheblich größeren Teil (LOTTHAMMER, WITTKOWSKI 1994).

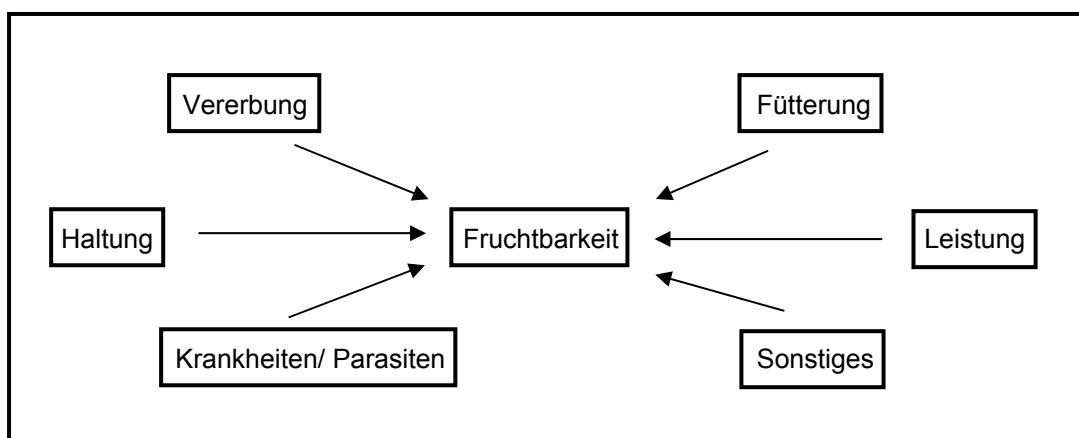


Abbildung 1: Einflüsse auf die Fruchtbarkeit von Rindern im Überblick nach GOTTSCHALK, ALPS, ROSENBERGER (1992)

Die Umweltfaktoren setzen sich aus einer Vielzahl von Einzelfaktoren zusammen, die zum großen Teil durch die Entscheidungen der Betriebsleitung beeinflussbar sind. Fruchtbarkeits- und Aufzuchtleistung in Mutterkuhherden kann man über verschiedene Kenngrößen, dargestellt in Tabelle 2, definieren. Zwar gibt es bei einzelnen Kenngrößen rassespezifische Unterschiede, der Hauptanteil ist aber vom Management bestimmt.

Tabelle 2: Kenngrößen zur Darstellung von Fruchtbarkeits- und Aufzuchtleistungen nach BALLIET (1994) und ANONYM 4 (2004):

Kenngröße	Definition
Erstkalbealter (EKA)	Alter des Tieres zum Zeitpunkt der ersten Abkalbung
Zwischenkalbezeit (ZKZ)	Zeitraum in Tagen zwischen zwei Abkalbungen
Konzeptionsrate in % (KZR)	$\frac{\text{Anzahl abgekalbter Tiere}}{\text{Anzahl zugelassener Kühe + Färsen}} \times 100$
Normalgeburtenrate in % (NGR)	$\frac{\text{Anzahl lebend geborener Kälber ohne Hilfe}}{\text{Anzahl Geburten}} \times 100$
Schwergeburtenrate in % (SG)	$\frac{\text{Anzahl geborener Kälber mit Hilfe (Zughilfe, TA)}}{\text{Anzahl Geburten}} \times 100$
Totgeburtenrate in % (TG)	$\frac{\text{Anzahl totgeborener Kälber}}{\text{Anzahl Geburten}} \times 100$
Kälberverlustrate in % (KVR)	$\frac{\text{Anzahl totgeb.}^* / \text{bis zum Absetzen verend.}^{**} \text{ Kälber}}{\text{Anzahl geborener Kälber}} \times 100$
Aufzuchtverluste in % (AV)	$\frac{\text{Anzahl bis zum Absetzen verendeter Kälber}}{\text{Anzahl geborener Kälber}} \times 100$
Aufzuchtleistung in % (AL)	$\frac{\text{Anzahl abgesetzter Kälber}}{\text{Anzahl abgekalbter Kühe + Färsen}} \times 100$
Produktivitätszahl Rind in % (PZ)	$\frac{\text{Anzahl abgesetzter Kälber}}{\text{Anzahl zugelassener Kühe + Färsen}} \times 100$

*totgeb. = totgeboren **verend. = verendet

Maximale Kälberverluste sollten 5% nicht übersteigen (BAARS 1999), doch belegen Betriebsaufzeichnungen ein Verlustgeschehen bis 10% (STARK 2000). Mit 8,5% geben BUSATO, STEINER und GAILARD (1996) Verluste in der Mutterkuhhaltung bei 1.452 erfassten Kälbern an. In ähnlicher Weise bestätigen auch VON DAVIER, DEBLITZ und IZQUIERDO (2004) diese Angaben. In ihren Untersuchungen lag die Anzahl der abgesetzten Kälber pro Kuh und Jahr (Produktivitätszahl Rind) zwischen 88-90%.

Tabelle 3: Überblick über Fruchtbarkeitsleistungen in Mutterkuhherden nach BALLIET (1994)

	unteres Drittel	Durchschnitt	oberes Drittel
Konzeptionsrate in %	91,4	95,4	99,1
Abkalberate in %	99,9	101,1	102,1
Absetzrate in %	92,8	96,0	98,7
Aufzuchtrate in %	84,6	92,5	99,8
Kälberverluste in %	15,2	8,5	2,3
Produktivitätszahl in %	77,2	88,4	98,8

Wie schwierig es ist eine Produktivitätszahl von mehr als 0,90 je Mutterkuh und Jahr zu erreichen, offenbaren Untersuchungen von 52 Brandenburger Mutterkuhbetrieben. Lediglich 10 Betriebe konnten eine Produktivitätszahl von > 0,90 nachweisen. 16 der 52 Betriebe erreichten sogar nur eine Produktivitätszahl von < 0,80 (ROFFEIS, FREIER, RUNNWERTH 2004). Die wirtschaftlichen Folgen spiegeln sich in den Erlösen aus der Anzahl der abgesetzten und verkauften Kälber wider und sind in Tabelle 4 beispielhaft dargestellt, da die Erlöse unter anderem von der aktuellen Preisgestaltung abhängen.

Tabelle 4: Möglicher Einfluss der Anzahl lebend geborener Kälber und der Aufzuchtverluste auf die Erlöse je Mutterkuh (MK) und Jahr nach SACHER, DIENER (2003)

Aufzuchtverluste in %		lebend geborene Kälber je Mutterkuh und Jahr				
		0,85	0,90	0,95	1,00	1,05
4	erzeugte Absetzer (Stück/ MK)	0,82	0,86	0,91	0,96	1,01
	Erlös aus Verkauf (€/ MK)	288	310	332	354	376
8	erzeugte Absetzer (Stück/ MK)	0,78	0,83	0,87	0,92	0,97
	Erlös aus Verkauf (€/ MK)	272	293	314	336	357
12	erzeugte Absetzer (Stück/ MK)	0,75	0,76	0,80	0,84	0,88
	Erlös aus Verkauf (€/ MK)	256	277	297	317	338
16	erzeugte Absetzer (Stück/ MK)	0,71	0,76	0,80	0,84	0,88
	Erlös aus Verkauf (€/ MK)	241	260	279	299	318

2.3.2 Einfluss des Herdenmanagements auf die Fruchtbarkeits- und Aufzuchtleistung von Mutterkühen

Tiergesundheit

Grundvoraussetzung für eine sehr gute Herdenfruchtbarkeit und somit Aufzuchtleistung ist die Tiergesundheit. Dazu gehört eine bedarfsgerechte Futterbereitstellung inklusive Mineralstoffversorgung, die Schaffung optimaler Haltungsbedingungen, Sauberkeit und Hygiene sowie Parasitenbekämpfung und Impfung. Eine regelmäßige Tierkontrolle erleichtert zusätzlich das frühzeitige Erkennen eventuell erkrankter Tiere, so dass eine rechtzeitige Behandlung erfolgen kann. Nach Möglichkeit sollten gesunde Mutterkühe eine Nutzungsdauer von 6 bis 7 Laktationen mit einer genügend hohen Milchleistung erreichen (SACHER, DIENER 2003).

Fütterung

Sowohl eine Mangel- als auch Überfütterung wirkt sich erheblich auf das Fruchtbarkeitsgeschehen aus (LAIBLIN 1995). Eine optimale Körperkondition erleichtert den Geburtsverlauf (BAARS 1999), während eine Überkonditionierung das Geburtsverhalten negativ beeinflusst. Bereits bei normaler Fütterungsstrategie steigt die Schweregeburtenrate im Vergleich zu einer verhaltenen Fütterung deutlich an (BALLIET 1994). Mit der Fütterung in der Trockenstehperiode muss demzufolge eine übermäßige Reservebildung in Form von Fettdepots verhindert werden (MARTIN 2005).

Tabelle 5: Geburts- und Fruchtbarkeitskennzahlen bei unterschiedlichem Energieniveau des Futters 4-6 Wochen vor der Abkalbung in Bezug zur vorherigen Fütterung (BALLIET 1994)

	keine Änderung	restriktiv	mit Zulage
Anzahl untersuchter Betriebe	68	27	32
Geburten mit notwendiger Hilfe in %	13,8	2,8	18,9
perinatale Kälberverluste in %	4,6	3,3	3,1
Kälberverluste insgesamt in %	7,9	5,4	7,4
Aufzuchtleistung in %	92,2	96,4	93,5
Produktivitätszahl Rind	88,0	92,2	90,5

Eine zu energiereiche Versorgung in den letzten Wochen der Trächtigkeit, kann das Geburtsgewicht des Kalbes stark erhöhen und somit für Schwierigkeiten im Kalbeverlauf sorgen. Das Kalb hat die besten Überlebenschancen, wenn eine Geburt ohne Eingriffe seitens des Menschen verläuft.

Belegungs- und Abkalbeperiode

Mutterkühe sind ihrem Zyklus entsprechend in der Lage das ganze Jahr über zu konzipieren, obwohl die natürliche Abkalbezeit im Frühjahr liegt, kurz bevor das Nahrungsangebot ansteigt. Die Wahl der Belegungsperiode ist letztlich aber eine Entscheidung des Managements und abhängig vom gewünschten Abkalbezeitraum. Die sehr oft angestrebten Abkalbungen in den Wintermonaten erfordern einen Belegungszeitraum zum Ausgang des vorangehenden Winters. Zu dieser Zeit lässt die Futterqualität nach und die Haltungsbedingungen können zu geringeren Trächtigkeiten führen.

Tabelle 6: Trächtigkeitsrate von Mutterkühen in verschiedenen Kalbe- und Belegungsperioden (GOLZE ET AL. 1997)

Abkalbe- periode	Belegungs- periode	aufgestellte Kühe und Färsen	tragende Tiere	tragende Tiere in %
Dez./ Jan.	März/ April	273	141	51,6
März/ April	Juni/ Juli	228	207	90,8
Mai/ Juni	Aug./ Sept.	1191	1064	89,3
Sept./ Okt.	Dez./ Jan.	288	238	82,6

Tabelle 6 zeigt, dass die Anzahl der Trächtigkeiten in den Belegungsmonaten Juni und Juli deutlich ansteigt, was auf die Haltungssituation nach Weideaustrieb, Weideabkalbung und Grünfütterperiode zurückzuführen ist. Die Zahl der Trächtigkeiten in einer Herde entscheidet in einem hohen Maß über die Zahl der geborenen Kälber (GOLZE ET AL. 1997). Ebenso hat die Abkalbeperiode einen Einfluss auf die Höhe der Kälberverluste und somit auf die Aufzuchtleistung der Herde. In den Zeiträumen Februar bis März und Juni bis Oktober treten die größten Kälberverluste auf, während im April bis Mai erheblich geringere Verluste zu verzeichnen sind. Die Verluste von Juni bis Oktober begründet BALLIET (1994) mit einer unzureichenden Geburtsüberwachung. MARTIN (2005) fand heraus, dass die Schwer- und Totgeburten in der Frühjahrskalbung vor allem im dritten Abkalbemonat auftreten, was auf die sehr günstige Energie- und Nährstoffversorgung über das junge Weidefutter zurückzuführen ist. Im Gegensatz dazu liegt die Problematik im Februar bis März bei den hygienischen Bedingungen in den Stallungen zum Ausgang des Winters (BALLIET 1994). Zu ähnlichen Resultaten kommen GOLZE ET AL. (1997). Ihre Untersuchungen (Tabelle 7) ergaben die höchsten Kälberverluste und somit die schlechteste Aufzuchtleistung für den Winterkalbezeitraum.

Tabelle 7: Aufzuchtleistung in Abhängigkeit vom Kalbezeitraum nach GOLZE ET AL. (1997)

Kalbezeitraum	Abkalbungen	abgesetzte Kälber	abgesetzte Kälber in %
Dez. bis April	881	761	86,4
April bis Juni	232	211	90,9
Juni bis Aug.	344	320	93,0

Die Aufzuchttrate der im Winter abgekalbten Kühe war im Vergleich zu den im Frühjahr (April bis Juni) auf der Weide kalbenden Kühen zwischen 4,5-6,6% geringer. Bei Kälberverlusten in den kalten Monaten (z.B. bei Winteraußenhaltung) spielen unter Umständen auch niedrige Temperaturen eine Rolle, da TOST und HÖRNING (2001) in ihren Untersuchungen eine negative Korrelation (-0,73) zwischen der Kälbermortalität und den Temperaturen errechneten. Das kann auf eine geringere Kältetoleranz neugeborener Kälber zurückzuführen sein (WABMUTH 2002).

Kalbenummer der Mutterkuh

In der Mutterkuhhaltung bestehen enge Zusammenhänge zwischen den reproduktiven Leistungen und dem Alter bzw. dem Nutzungsjahr der Mutterkuh. Gut entwickelte Färsen, die zum ersten Mal belegt werden, konzipieren in der Regel zum Großteil ohne Probleme. Wie aus Tabelle 8 ersichtlich, treten Schwierigkeiten bei Jungkühen mit dem ersten Kalb auf, die zum zweiten Mal belegt werden sollen. Hierfür ist oftmals die Entwicklung und das Gewicht zur ersten Zuchtbenutzung sowie ein problematischer Kalbeverlauf bei der ersten Abkalbung verantwortlich.

Tabelle 8: Trächtigkeits- und Aufzuchttrate in Abhängigkeit von der Kalbenummer nach GOLZE ET AL. (1997)

Zuchtbenutzung	Trächtigkeitsrate in %	Aufzuchttrate in %*
1	92,1	87
2	62,4	90
3	91,5	91
4	92,7	93
5	-	95

* 2,1% Zwillinge

Der Kalbeverlauf beeinflusst die Aufzuchttrate in einem großen Maß. Für 75% aller Aufzuchtverluste sind laut GOLZE ET AL. (1997) Schweregeburten verantwortlich. Besondere Aufmerksamkeit gilt wiederum den Färsenabkalbungen, da hier gehäuft Probleme auftreten können, was TOST und HÖRNING (2001) in ihrer Studie bestätigen.

Der Geburtsverlauf hängt neben den bereits genannten Faktoren vom Gewicht des Kalbes ab, welches zwar rassespezifisch differieren aber ebenso über die Fütterung gelenkt werden kann. Färsen haben unter Umständen bei Geburtsgewichten ihrer Kälber Probleme, die für bereits gekalbte Kühe unproblematisch sind. JUNGE ET AL. (2003) ermittelten in der Milchviehhaltung bezüglich Färsen die niedrigste Schweregeburtenrate bei Kälbergewichten zwischen 25-34kg. Die geringste Totgeburtenrate wurde für Kälber mit 30-44kg Geburtsgewicht registriert. Für ältere Kühen erhöhte sich das Risiko einer Schweregeburt erst ab 50kg Geburtsgewicht, wobei ein erhöhtes Totgeburtenrisiko unterhalb von 30kg oder oberhalb von 54kg zu verzeichnen war.

Erstbelegung der Zuchtfärsen

Das Erstkalbealter der Zuchtfärsen ist rassespezifisch unterschiedlich, hängt erheblich von der körperlichen Entwicklung der Tiere und demzufolge von ihrem Gewicht ab. Zum Zeitpunkt der ersten Zuchtbenutzung sollte das „kritische minimale Körpergewicht“ erreicht sein. Dieses liegt bei 60% des Endgewichtes und bestimmt maßgeblich den Konzeptionserfolg mit (LAIBLIN 1995; GOLZE ET AL 1997). Eine zu frühe Zuchtbenutzung hemmt das Wachstum der Färse und steigert das ohnehin höhere Risiko von Schweregeburten bei Erstlingskühen (GOLZE ET AL. 1997).

Tabelle 9: Erstkalbealter in Monaten bei unterschiedlichen Rassen in der Mutterkuhhaltung (HAMPEL 1994; SAMBRAUS, SCHÖN, HAIDN 2002)

Rasse	Erstkalbealter in Monaten
Fleckvieh	28 bis 34
Charolais	30 bis 34
Limousin	30 bis 36
Salers	35
Hereford	36
Deutsch Angus	24 bis 27
Galloway	36 bis 42
Highland	36 bis 48

Eine Senkung des Erstkalbealters auf durchschnittlich 24 Monate muss sich nicht zwangsläufig negativ auf das Fruchtbarkeitsgeschehen auswirken und kann betriebswirtschaftliche Aspekte des Verfahrens positiv beeinflussen. MARTIN, ENGEL (2006) zeigen, dass es keine wesentlichen Unterschiede in der Zuchtleistung von Fleckvieh-Mutterkühen mit einem Erstkalbealter von 24 Monaten und Fleckvieh-Mutterkühen mit einem höheren Erstkalbealter geben muss.

Tabelle 10: Zuchtleistung von Fleckvieh - Mutterkühen mit unterschiedlichem Erstkalbealter
(MARTIN, ENGEL 2006)

EKA	Kalbnummer	SG in %	TG in %	Geburtsgewicht in %	Verendungen in %
Männliche Kälber					
2 Jahre	1	4,88	4,88	39,00	5,15
	2	0,00	4,24	40,50	2,94
	ab 3	0,00	3,31	41,70	2,29
3 Jahre	1	5,26	5,26	39,80	5,56
	2	3,03	6,06	41,20	3,23
	ab 3	1,08	2,17	42,30	3,32
Weibliche Kälber					
2 Jahre	1	2,56	2,56	36,60	1,32
	2	0,00	1,45	38,10	0,00
	ab 3	0,00	0,60	39,50	1,20
3 Jahre	1	2,70	5,40	37,50	2,86
	2	3,12	3,12	38,90	3,22
	ab 3	0,00	2,25	40,10	2,59

Herdengröße

Nach BALLIET (1994) ist der Einfluss der Herdengröße mit statistischen Mitteln nicht abzusichern. Von ausländischen Versuchen ist aber bekannt, dass selbst bei Herdengrößen von 500 Mutterkühen die Fruchtbarkeitsleistung nicht weiter sinken muss (BALLIET 1994).

Tabelle 11: Einfluss der Herdengröße auf die Trächtigkeit bei Mutterkühen (GOLZE ET AL. 1997)

Herdengröße	Durchschnitt	Trächtigkeitsrate in %
< 25	21,8	80,9
26 bis 50	42,0	86,1
51 bis 75	65,2	84,3
76 bis 100	81,0	79,6
> 100	119,3	78,2

GOLZE ET AL. (1997) bewertet überschaubare Herdengrößen für hohe Trächtigkeitsraten als durchaus günstig, obwohl, wie aus Tabelle 11 zu entnehmen ist, die kleinste Herdengröße nicht unmittelbar die beste Trächtigkeitsrate vorweist. Je größer aber die Herde, umso schwieriger gestaltet sich die bisweilen nötige Einzeltierkontrolle.

In diesem Fall entsteht unter Umständen ein erhöhter Aufwand für die Tierüberwachung, die ebenfalls über ein gutes Aufzuchtergebnis mitentscheidet.

Intensität der Überwachung

Entscheidender Faktor bezüglich der Aufzuchtleistung ist die Geburtsüberwachung. Eine intensive Beobachtung und Betreuung senkte die Kälberverlustrate in den Untersuchungen von BALLIET (1994) von 11,3% auf 2,7% (siehe Tabelle 12).

Tabelle 12: Geburts- und Fruchtbarkeitskennzahlen bei unterschiedlichem Beobachtungsniveau während der Abkalbeperiode (BALLIET 1994)

	gering	mittel	hoch
Anzahl untersuchter Betriebe	43	50	34
Geburten mit notwendiger Hilfe in %	8,1	12,8	14,6
perinatale Kälberverluste in %	5,8	4,0	1,2
Kälberverluste in %	11,3	6,7	2,7
Aufzuchtleistung in %	90,5	94,2	97,4
Produktivitätszahl Rind in %	86,8	90,9	93,0

Im Rahmen der gleichen Analysen verzeichneten Betriebe mit Winteraußenhaltung und geringer Beobachtungsintensität die höchsten Kälberverluste. Vielfach lagen in diesen Fällen die Weideflächen weit von der Hofstelle entfernt. Die Ergebnisse von BALLIET (1994) zeigen in sehr deutlicher Weise, dass eine intensive Tierüberwachung und Betreuung im Abkalbezeitraum die Produktivitätszahl um 6,2% im Vergleich zu einer geringen Überwachungskapazität steigern kann.

Reproduktionsrate

Die Reproduktionsrate des Bestandes übt einen Einfluss auf die Anzahl der verkaufsfähigen Absetzer aus, denn mit einer steigenden Reproduktionsrate werden mehr weibliche Kälber für die Bestandsergänzung benötigt (SACHER, DIENER 2003). In der Regel liegt die Reproduktionsrate in der Mutterkuhhaltung zwischen 15-20%.

Tabelle 13: Zusammenhang zwischen Reproduktionsrate und weiblichen Absetzern zum Verkauf (Herde mit 100 Mutterkühen, 93 Absetzern – 47 männlich, 46 weiblich) nach SACHER, DIENER (2003)

	15	20	25	30
Aufzuchtverluste bis Abkalbung in %	5	5	5	5
Merzungen/ Zuchtuntauglichkeit in %	10	10	10	10
Sicherheitszuschlag in %	15	15	15	15
Summe in %	30	30	30	30
Benötigte Absetzer zur Aufzucht in Stück	20	26	33	39
Weibliche Absetzer zum Verkauf in Stück	26	20	13	7
Erlöse aus weiblichen Absetzern in € *	6.500	4.893	3.250	1.643
Erlöse je Mutterkuh und Jahr in €	65	49	33	16

*Erlös je weiblicher Absetzer = 250€

2.4 Verhalten von Mutterkühen in naturnaher Haltung

2.4.1 Sozialstruktur und –verhalten

Wild- wie Hausrinder sind ausgesprochene Herdentiere und leben auch in nichtabgegrenzten Weidearealen in einem Herdenverband (Süss, ANDREA 1984). Das entscheidende Element in Bezug auf die Struktur und Zusammensetzung der Herde ist die Rangordnung. Sie bestimmt das Verhältnis eines jeden Einzeltieres zu den anderen Herdenmitgliedern. Bis zu einer Herdengröße von 80 Tieren ist ein Rind in der Lage die Herdenmitglieder individuell zu unterscheiden (SAMBRAUS, SCHÖN, HADN 2002). Nach SAMBRAUS (1991) korreliert der soziale Rang mit den körperlichen, den zeitlichen und den psychischen Faktoren.

Zu den **körperlichen Faktoren** sind Gewicht, Größe und Behornung zu zählen. Die Größe kann vor Beginn einer Auseinandersetzung entscheidend sein, da ein großes Tier eindrucksvoll und kräftig erscheint. Kommt es zu Rankämpfen in Form körperlicher Auseinandersetzung ist eher ein hohes Gewicht von Bedeutung. Zum Einen ist bei einem höheren Körpergewicht auch ein höherer Anteil von Muskelmasse zu erwarten, zum anderen ist es energieaufwendiger einen schwereren Kontrahenten zu verdrängen. Die Länge der Hörner wirkt sich weniger auf den Ausgang eines Rankampfes aus. Entscheidend ist dagegen das Vorhandensein von Hörnern. So haben behornete Tiere einen wesentlichen Vorteil im Vergleich zu Hornlosen (SAMBRAUS 1991).

Unter **zeitlichen Faktoren** werden ist erster Linie Lebensalter und Aufenthaltsdauer in der Herde verstanden. Die Rangbeziehungen regeln sich hierbei zumeist über Zu- und Abgänge und die Alterstruktur. Wenn ältere Kühe die Herde verlassen rücken jüngere bzw. rangniedere Tiere nach. Neuzugänge wie z.B. Färsen nehmen vorerst die unteren Rangplätze ein (SAMBRAUS 1991).

Zu den **psychischen Faktoren** zählen Temperament, Kampferfahrung, Wendigkeit, Ausdauer und Selbstbewusstsein. Obwohl der Einfluss dieser Faktoren nicht ganz objektiv bewertet werden kann, bestimmen sie durchaus den Ausgang einer rangorientierten Auseinandersetzung mit (SAMBRAUS 1991).

Trotz der Rangkonfrontationen, die zeitweise für einzelne Tiere zu Stresssituationen führen, bietet das Leben im Herdenverband für das Einzeltier insgesamt große Vorteile. Bei wildlebenden Formen sind das z.B. das Erschließen neuer Weidegebiete, das Auffinden von Wasserstellen, die Abwehr von Feinden und die Steigerung der Reproduktionsrate. Bis heute hat sich die Wahrung dieser Vorteile im Verhalten der Hausrinder (*Bos taurus*) erhalten (KILEY-WORTHINGTON, DE LA PLAIN 1983; SAMBRAUS 1991).

2.4.2 Der zirkadiane Rhythmus (Tages- und Nachtperiodik)

Bestimmte tierische Lebensäußerungen liegen einem rhythmischen, täglichen Wechsel zugrunde. Dieses Phänomen bezeichnet man als zirkadianen Rhythmus (Süss, ANDREAE 1984), wenn er auf einem endogenen Rhythmus mit annähernd 24 Stunden Periodenlänge beruht, der durch den äußeren Tag-Nacht-Wechsel im Sinne einer Zeitgeberwirkung synchronisiert wird (ASCHOFF 1958). Rinder sind lichtaktive bzw. tagaktive Tiere für die neben der 24-Stunden Komponente ein Wechsel zwischen Aktivität und Ruhe mit ca. 3-5 Perioden in 24 Stunden charakteristisch ist (PORZIG, SAMBRAUS 1991). Die Aktivitätsphasen sind zum großen Teil mit der Futteraufnahme, verbunden (Süss, ANDREAE 1984; SAMBRAUS 1991). Die erste Futteraufnahmeperiode beginnt in der Morgendämmerung, wenn die Rinder ihre Nachtruhe beendet haben und dauert ca. 2,5 bis 3 Stunden. Eine zweite Fressphase vollzieht sich in der Abenddämmerung und erstreckt sich nochmals über ungefähr 2 Stunden. Es ist nicht ungewöhnlich, wenn die Futteraufnahme erst bei völliger Dunkelheit eingestellt wird. Die Anzahl und Verteilung weiterer Fressperioden sind normalerweise von der Tageslänge und somit, im europäischen Raum, von der Jahreszeit abhängig. Bei langen Tagen und kurzen Nächten (Mai-Juli) liegen zwischen Morgen- und Abenddämmerung zwei weitere Fresszeiten. Die Nachtruhe wird nicht unterbrochen. Werden die Tage kürzer und die Nächte länger, verringert sich zwischen Morgen- und Abenddämmerung die Anzahl auf eine Fressperiode. Dafür kann es zu einer weiteren Fressperiode nach Mitternacht kommen. Kühe bei Weidehaltung grasen 8-11 Stunden täglich (SAMBRAUS 1991; SAMBRAUS, SCHÖN, HAIDN 2002). Die Dauer ist unter anderem abhängig von individuellen Gegebenheiten, der Außentemperatur und vom Vegetationszustand.

Bei sehr heißen Temperaturen reduziert sich die Grasezeit. Die Tiere verbringen dagegen mehr Zeit liegend oder stehend, bevorzugt an schattigen Plätzen (PHILLIPS 2002). Ist die Nahrungsgrundlage knapp, verlängern Rinder die Nahrungsaufnahme, um ihren Bedarf zumindest annähernd zu decken. EBEL (2002) fand heraus, dass sich die Graseaktivität bei geringerem Tierbesatz im Vergleich zu einem höheren Tierbesatz um eine Stunde reduzieren kann. Umgekehrt linear dazu verhielt sich die Liegezeit, indem sie um eine Stunde anstieg. Die Liegeperioden nehmen im zirkadianen Rhythmus nach der Futteraufnahme einen Großteil der Zeit in Anspruch. Über 70% des Verhaltensinventars werden durch Grase- und Liegeperioden abgedeckt (EBEL 2002). Die Liegezeit umfasst 10-12 Stunden täglich und verteilt sich auf die Nachtstunden sowie die Zeiten zwischen den einzelnen Graseperioden. Die erste ausgedehnte Liegezeit fängt ca. 3 Stunden nach der Morgendämmerung an, unmittelbar nach der ersten Graseperiode. Die Nachtruhe beginnt eine halbe Stunde nach Eintritt völliger Dunkelheit. Das Auftreten weiterer Liegephasen ist abhängig vom Tageslicht. Je länger die Tage sind, desto häufiger und ausgeprägter sind die Liegezeiten (SAMBRAUS 1991; SAMBRAUS, SCHÖN, HAIDN 2002). Haltungsbedingungen, Rangordnung, Rasse, Körpergewicht und der Zustand des Tieres beeinflussen ebenfalls das Ausmaß der Liegezeit. Ranghöhere und schwerere Tiere liegen länger als rangniedere und leichte Tiere. Bei Stallhaltung ist die Liegezeit zumeist bedeutend länger, da die Futteraufnahme weniger Zeit in Anspruch nimmt als bei Weidehaltung (SAMBRAUS 1991). JENTSCH und DERO (1997) machen darauf aufmerksam, dass in Abhängigkeit von der Futterqualität in etwa die doppelte Zeit für die Futteraufnahme auf der Weide, im Vergleich zur Stallhaltung, benötigt wird. Auch erkrankte Rinder liegen in der Regel länger, während sich ein Tier in der Brunst selten hinlegt und unter Herdenmitgliedern Unruhe verbreitet, was die Liegezeit der gesamten Gruppe verkürzen kann (SAMBRAUS 1991). Die Aktivitäten der Rinder ändern sich in den Wintermonaten besonders in den kälteren Regionen. Rinder in Winteraußenhaltung, wie es für die Mutterkuhhaltung nicht unüblich ist, verbringen in den kalten, vegetationsarmen Monaten viel Zeit an der Fütterungsstelle. Die Aktivität der Mutterkühe wird in der kalten Jahreszeit durch die Fütterung bestimmt. Bei tiefen Temperaturen kommt es zu einer Einschränkung der Bewegung (PHILLIPS 2002). Nach KILEY-WORTHINGTON, DE LA PLAIN (1983) verbringen Rinder bei kalten Temperaturen, kombiniert mit starkem Wind oder Regen, an geschützten Plätzen viel Zeit stehend. Eine Erhöhung der Aktivität zur Erzeugung von Bewegungswärme kann dagegen fast völlig ausgeschlossen werden (WALLBAUM 1996). Die Annahme, dass sich die Liegezeiten in kalten Perioden verringern, um einen Wärmeverlust bei Kontakt mit kalten Oberflächen zu vermeiden, konnte WALLBAUM (1996) in seinen Untersuchungen ebenfalls nicht bestätigen.

2.4.3 Futteraufnahmeverhalten

Weidende Rinder grasen im Vorwärtsgehen. Das Tier erfasst mit der Zunge ein Grassbüschel, zieht es ins Maul und beißt es ab, indem die unteren Schneidezähne gegen die obere Kauplatte gepresst werden (PHILLIPS 2002). Bei dieser Form der Futteraufnahme kann nicht kürzer als 3 cm abgeweidet werden. Die Nahrung wird nach mehreren Bissen, unter heben des Kopfes, abgeschluckt. Ein Rind kommt im Laufe der täglichen Futteraufnahme auf 15.000 bis 20.000 Kauschläge. Das Bewegungsmuster der Futteraufnahme ist zwar angeboren, doch haben Lernvorgänge für die Ausbildung der Feinmotorik eine Bedeutung. Tiere die z. B. im Stall ausschließlich mit vorgelegtem Futter ernährt wurden, haben gelegentlich Schwierigkeiten mit der Umstellung auf Weidehaltung (SAMBRAUS 1991). Es ist bekannt, dass Rinder sehr selektiv fressen. Sie differenzieren Pflanzen und Pflanzenteile nach Schmackhaftigkeit und Verdaulichkeit. Auf lange Sicht kann das die Zusammensetzung der Vegetation beeinflussen. Des Weiteren werden keine Pflanzen aufgenommen, die in Berührung mit Kot gekommen sind (PHILLIPS 2002). Das führt bei ungenügender Weidepflege zur einer ausgeprägten Horstbildung im Pflanzenbestand. Zur Sättigung einer Kuh ist eine Trockenmasseaufnahme erforderlich, die ungefähr 2,5% des Körpergewichtes entspricht (SAMBRAUS 1991). Der Nährstoffbedarf ist in erster Linie abhängig vom Leistungsniveau und dem Körpergewicht des Tieres. Ein Weideaufwuchs mit 22-25% Rohfaser in der Trockenmasse ist sehr gut geeignet, Mutterkühe in der Vegetationsperiode bedarfsgerecht zu versorgen (GOTTSCHALK, ALPS, ROSENBERGER 1992).

2.4.4 Liegeverhalten

Auf der Weide beginnt das Abliegen mit der Wahl des Liegeplatzes. Rinder bevorzugen trockene, sandige und vegetationsreiche Plätze. Vor dem Hinlegen prüfen sie den ausgewählten Platz mit gesenktem Kopf. Haben sich erst einige Tiere hingelegt, folgen zumeist die weiteren Herdenmitglieder. Es ist nicht ungewöhnlich, dass sich Rinder gern neben ein bestimmtes Herdenmitglied legen, auch wenn die Liegefläche keine günstigen Eigenschaften aufweist. Da Rinder Distanztiere sind, halten sie diese auch beim Abliegen zu ihren Herdenmitgliedern ein. In der Grundposition, der so genannten Brustbeinlage, ist das Tier im Vorderkörper aufgerichtet. Die Vorderbeine befinden sich eingeknickt unter dem Körper. Der Hinterkörper ruht zumeist leicht verkantet und die Hinterbeine weisen zur Seite. Das Tier liegt in der Regel mehr auf einer Bauchseite, um das Euter zu entlasten. Selten, und wenn dann nur kurz, liegen adulte Rinder mit ausgestreckten Extremitäten vollständig auf der Seite. Wesentlich ausgeprägter ist die Seitenlage bei Kälbern. Das Aufstehen nach Beendigung der Liegephase erfolgt mit den Hinterbeinen zuerst. (Süss, ANDREAE 1984; SAMBRAUS 1991).

2.4.5 Wiederkauverhalten

Das Wiederkauen setzt ca. 30-60 Minuten nach der Nahrungsaufnahme ein. Es wird zu 80% im Liegen und demzufolge zum großen Teil in der Ruhezeit vollzogen. Dabei befördern die Rinder das vorher aufgenommene Futter aus dem Pansen zurück ins Maul und schlucken es nach einem wiederholten sorgfältigem Zerkauen nochmals ab (Süss, ANDREAE 1984; SAMBRAUS 1991). Dadurch werden die Pflanzen weiter zerkleinert und die Zellwände aufgespalten, um anschließend durch die mikrobielle Verdauung im Pansen weiter verarbeitet zu werden (PHILLIPS 2002). Auf den gesamten Tag bezogen, nimmt das Wiederkauen je nach Art der Fütterung 5-8 Stunden in Anspruch und unterteilt sich in 10-15 Wiederkauperioden mit ca. 30 Minuten je Periode (SAMBRAUS 1991).

2.4.6 Wasserbedarf und Wasseraufnahmeverhalten

Die Bedeutung der Wasseraufnahme wird häufig unterschätzt, da sie nur einen geringen Anteil im Verhaltensinventar von Rindern einnimmt. EBEL (2002) bezifferte die benötigte Zeit für die Wasseraufnahme auf 9-12 Minuten täglich. Die Wasserzufuhr kann über Trinkwasser, die Nahrungsaufnahme und die Wasserbildung bei der Verbrennung von Fett, Eiweiß und Kohlenhydraten (metabolische Oxidation) erfolgen (PORZIG, SAMBRAUS 1991; MURPHY 1992; LOEFFLER 2002). Dem Wasser kommen mehrere Funktionen zu. Es unterstützt das Kauen und Abschlucken der Nahrung, dient als Lösungs- und Transportmittel, dem Hitzetransfer im Körper sowie der Regulation der Körpertemperatur, des Blutdruckes und des osmotischen Druckes (PORZIG, SAMBRAUS 1991; LANDEFELD, BETTINGER 2002).

Für Tränkwasser gelten grundsätzlich die gleichen Normen wie für das menschliche Trinkwasser. Wasser ist auch für Rinder das wichtigste Nahrungsmittel und zusätzlich ein preiswerter und bedenkenloser Leistungsförderer (MAHLKOW-NERGE 2004). Als wichtige Einflussgrößen auf die Wasseraufnahme gelten neben der Milchleistung der Kuh auch deren Lebendmasse und die Umgebungstemperatur (ANONYM 8 2005). Zusätzlich definierte MAHLKOW-NERGE (2004) als Einflussgrößen auf den Tränkwasserbedarf den Wassergehalt des Futters, die Futtermenge und –struktur, die Leistungsrichtung, das Alter und den Gesundheitszustand des Tieres. Weiterhin spielen das Aktivitätsniveau des Tieres sowie dessen physiologischer Zustand, die Wasserqualität und –temperatur und die Wasserverluste durch Milch, Harn, Kot und Vaporisation eine Rolle (PORZIG, SAMBRAUS 1991; MURPHY 1992; LANDEFELD, BETTINGER 2002; LOOPER, WALDNER 2002). Grundsätzlich lassen sich die Einflüsse in innere Faktoren (tierbezogen) und Umweltfaktoren unterteilen. Eine genaue Einteilung soll Abbildung 2 widerspiegeln.

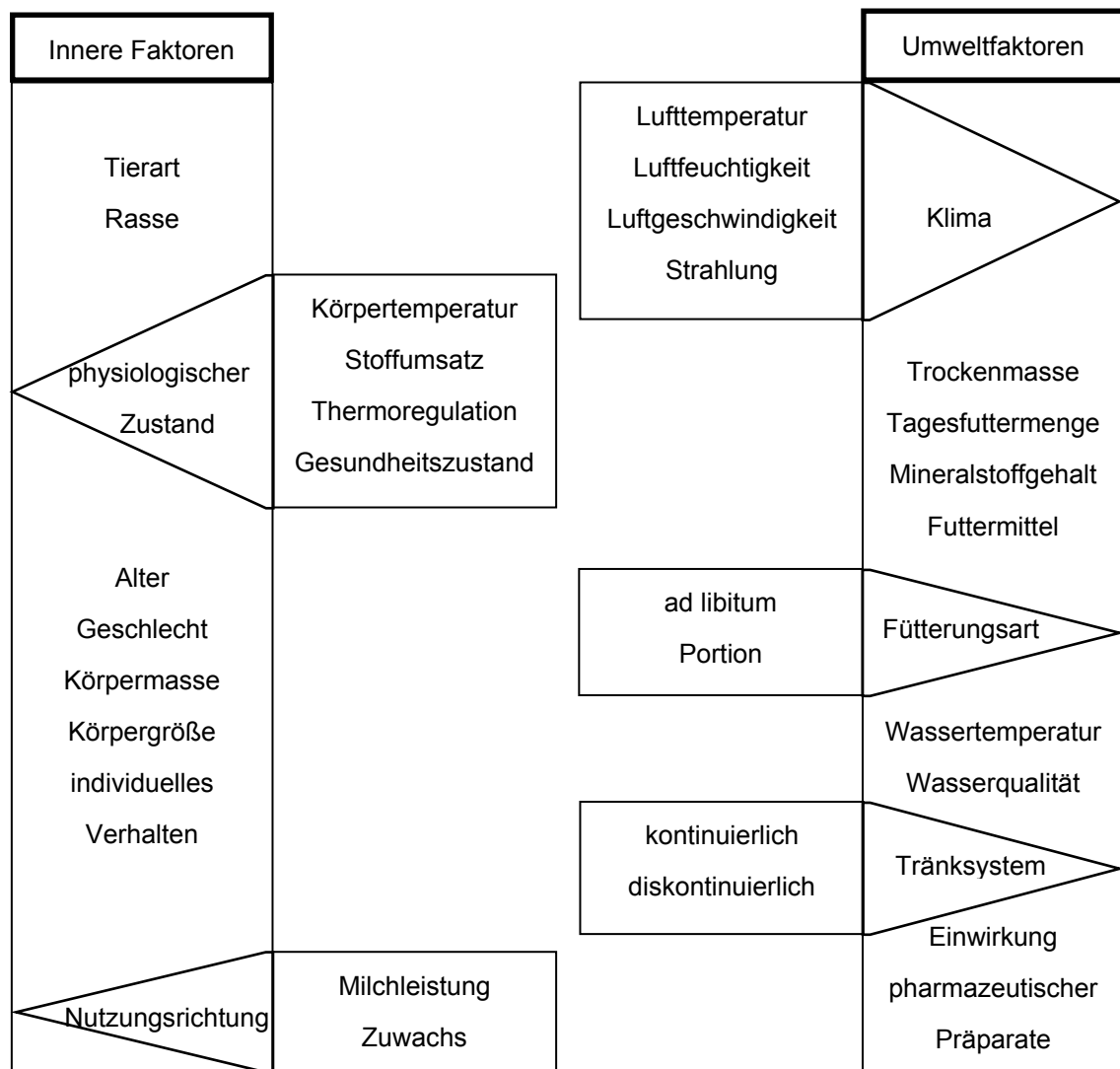


Abbildung 2: Einflussfaktoren auf den Tränkwasserbedarf (nach MEHLHORN 1979)

Nach KIRCHGEßNER (1997) benötigt jede Kuh je Liter produzierter Milch 4-5l Wasser. Unterstellt man einer laktierenden Mutterkuh eine Milchleistung von durchschnittlich 10-12l am Tag ergibt sich daraus ein theoretischer Wasserbedarf von 40-60l in der Säugeperiode. Auch SAMBRAUS, SCHÖN, HAIDN 2002 beziffern den Wasserbedarf einer laktierenden Kuh auf 30-60l am Tag. LANDEFELD und BETTINGER (2002) geben für Rinder folgende Werte an:

- trockenstehende Kühe 23l – 57l
- kranke Kühe 42l – 68l
- Bullen 26l – 72l
- Jungrinder 15l – 57l
- Milchrinder 57l – 113l.

Aufgrund der niedrigeren Milchleistung und Stoffwechselbelastung ist bei Mutterkühen mit einem geringeren Wasserbedarf zu rechnen. TERÖRDE (1997) bezifferte den Wasserbedarf von graviden Mutterkühen in ihren Untersuchungen auf 34-40l. Bei einer Milchproduktion ab 10l je Tag stieg die Wasseraufnahme auf bis zu 102l an.

Als weiteren Einfluss benannte TERÖRDE (1997) die Trockensubstanzaufnahme. Diese sank in der untersuchten Herde während der Weidesaison kontinuierlich von 10kg auf 5,9kg je Tier und Tag. Parallel dazu reduzierte sich die Wasseraufnahme von ca. 100l auf 39l. Laut PUHLMANN, GOLZE und KLOS (1997) verbraucht eine Mutterkuh mit Kalb 25.000-30.000l Wasser im Jahr, was auf den Tag umgerechnet 68-82l bedeutet. Kranke Tiere haben in der Regel einen hohen Wasserbedarf, aber nehmen nicht nur weniger Futter sondern auch weniger Wasser auf (MAHLKOW-NERGE 2004).

Rinder müssen in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur, der Art des Futters und der Trockenresistenz des Tieres alle 2-4 Tage trinken. Wenn Wasserquellen weit entfernt sind, suchen Rinder diese unregelmäßig und nicht täglich auf. Sie bleiben aber dafür einige Stunden an der Tränkestelle und nehmen in dieser Zeit 3 bis 4 Mal Wasser auf. Das Verhalten ist nur dann ausgeprägt, wenn die Distanz vom Weidegebiet zur Tränkestelle mehrere Stunden beträgt. Bei frei verfügbarem Wasser verteilt sich die Wasseraufnahme auf 1-5 Trinkvorgänge täglich, vorzugsweise tagsüber in den frühen Nachmittagsstunden (PORZIG, SAMBRAUS 1991; PHILLIPS 2002). Rinder ziehen reines Wasser dem mit Kot und Harn versetzten vor und bevorzugen abgestandenes Wasser. Sie prüfen sorgfältig mit ihrem Geschmacks- und Geruchssinn und nehmen Proben mit lappenden Zungenbewegungen auf (PORZIG, SAMBRAUS 1991; MAHLKOW-NERGE 2004). Als Wasserquellen werden Einrichtungen bevorzugt an denen mehrere Tiere gleichzeitig trinken können. In der Regel gilt an der Tränke die Rangordnung der Gruppe, wonach ranghohe Tiere den Vortritt vor rangniederen Herdenmitgliedern haben. Bei beschränkt zugänglichen Tränkevorrichtungen, z.B. im Stall, reagieren die Tiere mit erhöhter Verdrängungsaktivität. Wenn ranghohe Tiere die Tränke zeitweise blockieren, verzichten rangniedere Kühe unter Umständen auf die Wasseraufnahme, um Auseinandersetzungen zu vermeiden (PORZIG, SAMBRAUS 1991; MAHLKOW-NERGE 2004).

Bereits 1992 machten HOLTER und URBAN darauf aufmerksam, dass der Parameter Wasseraufnahme für die Tierüberwachung von großer Bedeutung ist. Trotzdem sind nur wenig Untersuchungen zum Wasseraufnahmeverhalten vorhanden. Nach Angaben von SCHÖN, HAIDN und WENDL (2003) befanden sich zu diesem Zeitpunkt in der Milchviehhaltung Systeme zur Überwachung der Wasseraufnahme trotz geringer technischer Probleme noch in der Entwicklungs- und Erprobungsphase. BRUNSCH und SCHOLZ (2003) testeten mit einer Photovoltaik-Weidezentrale die individuelle Wasserversorgung in einer Herde von 100 Mutterkühen auf einer dementsprechend großen Fläche. Über die Erkennung eines am Ohr befestigten Transponders wurden tierindividuell Daten zur Wasseraufnahme abgespeichert. In den ersten Auswertungen zeichnete sich ab, dass die registrierten Tränkebesuche und das Wasseraufnahmeverhalten erheblichen Schwankungen von Tag zu Tag unterlagen und die Tiere trotz ständiger Wasserverfügbarkeit die Tränke nicht jeden Tag aufsuchten.

2.4.7 Verhalten im geburtsnahen Zeitraum

Von Wildrindern aus gemäßigten Breiten ist bekannt, dass der Abkalbeschwerpunkt in den Frühjahrsmonaten liegt. Diesen Aspekt konnten auch TOST und HÖRNING (2001) in ihrer Studie einer naturnah gehaltenen Mutterkuhherde ohne Managementmaßnahmen nachweisen. Hier entfielen ca. 30% der Geburten allein auf die Monate März und April. In den meisten Mutterkuhherden sind die Abkalbezeiträume durch das Management des Betriebes bestimmt. Nach einer durchschnittlichen Tragezeit von 280 Tagen bringt eine Kuh ihr Kalb zur Welt (SAMBRAUS 1991). Die ersten frühen Anzeichen einer bevorstehenden Geburt sind ca. 6 Wochen ante partum zu beobachten. Die Kühe vermeiden dann bereits aggressive Auseinandersetzungen mit Herdenmitgliedern, um ihren Fötus zu schützen, verringern soziale Kontakte und grasen häufig am Rand der Herde (PHILLIPS 2002). 1-2 Wochen vor der Geburt sind erste Anzeichen von Unruhe zu erkennen. Fress- und Liegeperioden werden häufiger unterbrochen und wechseln sich mit kurzen Steh- und Laufphasen ab (KILEY-WORTHINGTON, DE LA PLAIN 1983). Ungefähr zur gleichen Zeit beginnen Vulva und Euter anzuschwellen. 24-48 Stunden vor dem Ereignis lockern sich die breiten Beckenbänder und fallen ein (GOTTSCHALK, ALPS, ROSENBERGER 1992). Das Zervikalsekret wird dünnflüssig und tritt aus der Scheide aus (KILEY-WORTHINGTON, DE LA PLAIN 1983; Süß, ANDREAE 1984; PHILLIPS 2002). Steht die Abkalbung unmittelbar bevor, wandern Kühe in der Regel zunehmend ruhelos umher, wechseln gehäuft zwischen Hinlegen und Aufstehen (LIDFORS 1994; HAßBACHER, SAMBRAUS 2002) und scheinen den richtigen Kalbeort zu suchen. Dabei geben einige Tiere ein sogenanntes Lockbrummen von sich, mit dem in den ersten Tagen post partum Kontakt zum Kalb aufgenommen wird (KILEY-WORTHINGTON, DE LA PLAIN, 1983, SAMBRAUS 1991; HAßBACHER, SAMBRAUS 2002). Untersuchungen von LEHR (1997) zeigten bei Mutterkühen einen deutlichen und kontinuierlichen Anstieg der Herzfrequenz bei Annäherung des Geburtszeitpunktes. Im Allgemeinen geht man davon aus, dass Kühe sich vor einer Geburt nach Möglichkeit an einen ruhigen, geschützten Ort zurückziehen und den Herdenverband verlassen (SAMBRAUS 1991). TOST, HÖRNING (2001) bestätigten in ihren Untersuchungen dieses Verhalten für rund 68% der abkalbenden Kühe. Allerdings kalbten einige Tiere im Verlaufe der Jahre sowohl in, als auch außerhalb der Herde ab. Bisonkühe in Untersuchungen von HAßBACHER, SAMBRAUS (2002) kalbten dagegen zu rund 53% im Herdenverband, während nur 21% die Herde verließen. Die restlichen Tiere kalbten am Rand der Herde. Bei der Wahl des Geburtsortes gibt es durchaus Unterschiede zwischen erstkalbenden Färsen und bereits mehrfach gekalbten Kühen. So separieren sich Färsen deutlicher von der Herde und wechseln den Platz, wenn sie sich von Herdenmitgliedern gestört fühlen (LIDFORS 1994).

Der Geburtsvorgang wird in folgende drei Phasen unterteilt:

1. Eröffnungsstadium
2. Austreibungsstadium
3. Nachgeburtsstadium.

Das **Eröffnungsstadium** beginnt mit zunächst schwach anlaufenden, sich aber bald steigenden Uteruskontraktionen. Die ersten Wehen werden durch das Benehmen der Kuh ersichtlich. Das Tier wechselt in kurzen Abschnitten zwischen liegen und stehen, stellt den Schwanz ab, nimmt die sonst selten auftretende Seitenlage ein, streckt die Gliedmaßen aus und legt den Kopf weit nach hinten. Diese Phase dauert in der Regel 3-6 Stunden bei Erstkalbinnen auch länger (Süss, ANDREAE 1984; STRAITON 1991). Danach erscheint die Fruchtblase. Zuerst wird die Allantoisblase (Wasserblase) mit bräunlich-gelbem Inhalt sichtbar. Im Anschluss folgt die Amnionblase (Schleimblase). Durch ihre Wand zeichnen sich die Klauen des Kalbes ab. Vielfach platzen beide Blasen gleichzeitig, wenn das nicht der Fall ist, öffnet sich zuerst die Allantoisblase.

Nachdem ein Großteil des Fruchtwassers abgeflossen ist, setzt das **Austreibungsstadium** ein (Süss, ANDREAE 1984; PHILLIPS 2002). Es dauert 30 Minuten bis einige Stunden an, wobei ältere Kühe nicht so viel Zeit benötigen wie erstkalbende Färsen (Süss, ANDREAE 1984). In normalen Fällen ist eine einstündige Austreibungsphase realistisch (PHILLIPS 2002). In dieser Zeit setzen erkennbar die Treib- und Presswehen ein. Die Presswehen kommen in einem Abstand von 1 bis 4 Minuten (STRAITON 1991). Bei einem normalen Geburtsverlauf treten die Vorderfüße und der Kopf zuerst in den Zervixkanal (Vorderendlage). Die hervorgerufenen Reize lösen bei einer Steigerung der Wehen das Mitarbeiten der Bauchmuskulatur aus, so dass es zu kraftvollen Kontraktionen kommt. Ein kritischer Moment ist das Austreten des Kopfes. Wenn dieser Punkt überwunden ist, folgt der restliche Körper des Kalbes sehr schnell (Süss, ANDREAE 1984; STRAITON 1991; PHILLIPS 2002). Probleme, die mit Hilfestellungen seitens des Menschen verbunden sind, treten auf, wenn das Kalb eine Hinterendlage aufweist, das heißt, mit dem Becken voran in den Geburtskanal eintritt. Des Weiteren können hohe Geburtsgewichte die Austreibung des Kalbes erschweren (Mc EVOY 1994).

Im so genannten **Nachgeburtsstadium** kümmert sich die Kuh intensiv um ihr Kalb und baut eine andauernde enge Bindung auf (SAMBRAUS 1991; HAßBACHER, SAMBRAUS 2002). Sofern die Geburt ohne Komplikationen verlief, erhebt sich die Kuh augenblicklich nach der Austreibungsphase. Sie wendet sich dem Kalb zu, beriecht und beleckt es innerhalb von wenigen Sekunden bis 5 Minuten. In dieser Zeit vokalisiert die Kuh sehr häufig das typische Lockbrummen (KILEY-WORTHINGTON, DE LA PLAIN 1983). Das Belecken hält an bis das Kalb stehen kann und mit Eutersuche beginnt. Es dient zur Entfernung der Fruchthülle, dem Trocknen des Kalbes und regt den Kreislauf an (STRAITON 1991). Außerdem beginnt damit die Prägung der Kuh auf ihr Kalb. Sie ist schon kurze Zeit nach der Geburt abgeschlossen (LANGBEIN, RAASCH, KÖNIG 1999). Physiologisch betrachtet wird im Nachgeburtsstadium die Plazenta in bis zu 8 Stunden abgestoßen (Süss, ANDREAE 1984). Dabei ist es nicht ungewöhnlich, wenn Kühe die Nachgeburt verzehren [KILEY-WORTHINGTON, DE LA PLAIN 1983; PHILLIPS 2002]. Warum sie das tun, ist noch nicht vollständig geklärt. Zum Einen erscheint die Beseitigung der Nachgeburt sinnvoll, um keine Feinde anzulocken.

Zum Anderen kann die Nachgeburt wichtige Nährstoffe enthalten, welche die Kuh auf diese Weise wieder für sich gewinnt (KILEY-WORTHINGTON, DE LA PLAIN 1983). Kurz nach der Abkalbung kommt es zu einer Abnahme der Herzfrequenz. Ein erneuter Anstieg ist in der Zeit 3 bis 6 Stunden post partum zu verzeichnen. LEHR (1997) führt das auf die gesteigerte Aktivität und Aufregung des Muttertieres zurück, wenn das Kalb aktiv wird. Die ersten Aufstehversuche beginnen ca. 15 Minuten nach der Geburt. Nach weiteren 15 Minuten kann das Kalb zum ersten Mal stehen und begibt sich kurz danach auf Eutersuche (SAMBRAUS 1991). LIDFORS (1994) ermittelte durchschnittlich 54 Minuten vom Zeitpunkt der Geburt bis zum ersten Saugen. Allerdings betrafen diese Beobachtungen nur 7 Abkalbungen. Die Liegezeit post partum ist deutlich kürzer als ante partum (a. p.), da die Kuh ihre ganze Aufmerksamkeit dem Kalb widmet, es beriecht und ableckt (LEHR 1997). Die Kuh entfernt sich gelegentlich zur Nahrungsaufnahme, hält aber besonders am ersten Tag post partum engen Kontakt zum Kalb und verbringt Untersuchungen zur Folge 65% der Liegezeit in direktem Kontaktliegen (LANGBEIN, RAASCH, KÖNIG 1999).

2.4.8 Verhalten in der Brunstperiode

4 Wochen bis 3 Monate nach der Geburt tritt die erste Brunst ein (Süss, ANDREAE 1984). Die Brunst ist die Manifestation der Konzeptionsbereitschaft im Verhalten weiblicher Rinder (PHILLIPS 2002). Unter europäischen Bedingungen kann eine Brunst zu jeder Jahreszeit auftreten. Trotzdem ist eine Häufung in den Monaten Juni bis August zu verzeichnen, damit die Kälber in den günstigen Monaten zur Welt kommen. Die Zykluslänge dauert durchschnittlich 21 Tage, wobei 60% aller weiblichen Rinder zwischen dem 18. und 25. Tag in die Brunst kommen (SAMBRAUS 1991; PHILLIPS 2002). Insgesamt dauert eine Brunst durchschnittlich 30 Stunden, kann aber über 50 Stunden anhalten (GOTTSCHALK, ALPS, ROSENBERGER 1992; PHILLIPS 2002). Im normalen Brunstverlauf wächst in 1 bis 2 Tagen an einem von beiden Eierstöcken eine Eiblaste. Die ausgewachsene Eiblaste bildet das Brunsthormon Östrogen, welches unter anderem für die sehr deutlich hervortretenden brunsttypischen Verhaltensäußerungen verantwortlich ist (GOTTSCHALK, ALPS, ROSENBERGER 1992). Aber nicht nur die Veränderung an den Eierstöcken deutet auf das Ereignis hin. Auch der übrige Genitaltrakt zeigt sichtbare anatomische Anzeichen. Die Scham schwillt an, rötet sich und es kommt zu einem klaren bis trüben zähem Ausfluss aus der Scheide (SAMBRAUS 1991; GOTTSCHALK, ALPS, ROSENBERGER 1992). Die Brunst kann in 3 Hauptabschnitte unterteilt werden:

1. Vorbrunst,
2. Haupt- oder Hochbrunst und
3. Nachbrunst.

In der **Vorbrunst** treten die beschriebenen Anzeichen langsam und allmählich auf. Im Verhalten zeigen Rinder eine beginnende Unruhe. Im fortgeschrittenen Stadium bespringen sie andere Rinder und werden zum Ende der Vorbrunst wiederum selbst von Herdenmitgliedern, jedoch nicht vom Bullen besprungen (SAMBRAUS 1991). Während dieser Zeit prüft der Bulle bereits olfaktorisch in der Scheidenregion und am Urin die Empfängnisbereitschaft der Kuh (PHILLIPS 2002). Dieses Verhalten wird von anderen weiblichen Rindern ebenfalls gezeigt.

Kommt eine Kuh in die **Hauptbrunst** verstärken sich die Verhaltensäußerungen nochmals. Das Tier wird noch unruhiger, brüllt vermehrt, vernachlässigt die Futteraufnahme und lässt sich jetzt bespringen (GOTTSCHALK, ALPS, ROSENBERGER 1992). Sobald die Kuh Aufsprünge anderer Herdenmitglieder bzw. des Bullen duldet, ist sie in der unmittelbaren Hauptbrunst und konzeptionsbereit. In Herden ohne Bullen kann die Duldungsphase der Aufsprünge durch andere Kühe als Hauptbrunst angesehen werden, während bei Anwesenheit eines Bullen die Zeit vom ersten bis zum letzten Deckakt als Hauptbrunst gelten kann. Die Wiederholung eines Deckaktes verkürzt den Zeitraum der Hauptbrunst. So kann die Hauptbrunst ohne Bullen in der Herde bis zu 10 Stunden dauern, während der Einsatz eines Bullen diese Phase auf 3 Stunden verkürzen kann (SAMBRAUS 1991). Die Aufsprungaktivität brünstiger Kühe, beginnend in der Vorbrunst und anhaltend bis in die Hauptbrunst, wird in Untersuchungen von MATHEW ET AL. (1999) mit durchschnittlich 9,6 Stunden angegeben, hat aber eine Spannbreite von 1,7-24,2 Stunden. In dieser Zeit kommt es im Durchschnitt zu 30,7 registrierten Aufsprüngen mit einer Spannweite von 4-138.

In der **Nachbrunst** klingen die Symptome langsam ab. Das Verhalten normalisiert sich wieder, die Tiere werden ruhiger und lassen sich nicht mehr bespringen. Der direkte Körperkontakt mit anderen Tieren sowie deren Interesse lässt nach, und die Futteraufnahme rückt mehr und mehr in den Mittelpunkt. Am Ende der Nachbrunst ist die Scham fast abgeschwollen und das Tier beginnt abzubluten (SAMBRAUS 1991; GOTTSCHALK, ALPS, ROSENBERGER 1992; PHILLIPS 2002). Rangpositionen spielen entgegen vieler Annahmen im Brunstverhalten keine Rolle (PHILLIPS 2002).

2.5 Sensorbasierte Datenerfassung und Datenanalyse von Verhaltensparametern im Precision Livestock Farming

2.5.1 Grundidee, Ziele und Voraussetzungen im Precision Livestock Farming

Die Grundidee des Precision Livestock Farming ist die exakte und differenzierte Erfassung von Produktionsdaten, um nach diesen Vorgaben den Produktionsprozess zu steuern (SCHÖN ET AL. 2001). Eine umfassende Produktionssteuerung ist dadurch gekennzeichnet, dass bestimmte Eingangsgrößen in Abhängigkeit von den Ausgangsgrößen so geregelt werden, dass ein optimales Produktionsergebnis erzielt wird (SCHÖN, ARTMANN 1993). Ziel vom Precision Livestock Farming ist eine auf das Einzeltier bezogene Versorgung, Herdenführung (SCHÖN ET AL. 2001) und Überwachung bei weitgehend automatisierten Arbeitsabläufen und möglichst nur einmaliger Datenerfassung (RATSCHOW 2005). Die Elektronik und somit sensorgestützte Tierdatenmess- und Identifikationssysteme haben die Aufgabe, den Landwirt bei seinen Überwachungsaufgaben in den Bereichen der Futteraufnahme, Tierleistung und des Tierverhaltens zu unterstützen. Zusätzlich wird erwartet, dass sie bei Entscheidungen zur Tiergesundheit und zum Stand des Reproduktionszyklus wichtige Hilfe leisten. Ungewöhnliche bzw. kritische Situationen sollen frühestmöglich signalisiert werden (BREHME 2001; SCHÖN, HAIDN, WENDL 2003). Mikroelektronik und Informationstechnologie eröffnen diesbezüglich neue Möglichkeiten zur Entwicklung einer nachhaltigen Nutztierhaltung und einer rechnergestützten Qualitätssicherung bei gleichzeitiger Steigerung der Arbeitproduktivität und Minderung der Gebäudeinvestitionen. Rechnergestützte Überwachungs- und Steuerungsverfahren ermöglichen bei allen Tierarten eine artgerechtere Gruppenhaltung sowie gleichzeitig eine intensive Einzeltierbetreuung. Der Mensch kann sich von der engen Bindung an den Arbeitsablauf lösen, was nicht nur die Arbeitsbedingungen verbessert, sondern auch eine Ausrichtung der Haltungssysteme an die individuellen Ansprüche der Tiere ermöglicht (SCHÖN, HAIDN, WENDL 2003). Als Voraussetzungen für das Precision Livestock Farming sind eine qualifizierte Datenerfassung vor Ort, die Datenüberwachung und Datenpflege, die Steuerung und Regelung der Prozessabläufe sowie der Datenaustausch und die Datenverrechnung zu gewährleisten (RATSCHOW 2005). Schlüsseltechnologie ist eine möglichst kostengünstige, automatische und fälschungssichere Einzeltieridentifikation. Seit 1996 legen internationale Standards zur elektronischen Tieridentifizierung die Codes für die Tiernummern fest (SCHÖN, HAIDN, WENDL 2003). Bisher ist die elektronische Ohrmarke unbestritten der Grundbaustein zur Tierkennzeichnung, automatisierten Dokumentation und Prozesssteuerung (GRUND 2004).

2.5.2 Grundlagen der sensorbasierten Datenerfassung und Datenanalyse

Mit steigenden Bestandsgrößen, höheren Tierleistungen und auch höheren Anforderungen an Tierschutz und Lebensmittelsicherheit wird die rechnergestützte Tierüberwachung immer mehr zu einem zentralen Baustein in rechnergestützten Verfahren (SCHÖN, HAIDN, WENDL 2003). Die fortschreitende Mechanisierung und Automatisierung in der Rinderhaltung verlangt für die Tierüberwachung Systeme mit kontinuierlicher Messwerterfassung, Datenspeicherung und Übertragung, sowie bei Bedarf die Abrufbarkeit von einem zentralen PC (BREHME 2001). Informationen über das Verhalten müssen rückwirkungsfrei oder zumindest rückwirkungsarm gewonnen werden. Das Datengewinnungsverfahren darf selbst keinen wesentlichen Einfluss auf den zu bewertenden Prozess ausüben, damit die gewonnenen Informationen zur Bewertung eines Zustandes oder Verlaufs verwendet werden können (SCHEIBE, EICHHORN 2001). Die Nutzung von Sensoren stellt eine in der Nutztierhaltung inzwischen häufig angewandte Methode zur Datengewinnung bei Verhaltensparametern dar. Das sind zumeist nicht-invasive Messwertaufnehmer, die außen am Tierkörper befestigt werden oder in Haltungssystem- und Produktionselementen wie z.B. Melksystemen, Wassertränken und Kraftfutterautomaten integriert sind. Sie nehmen in Verbindung mit Tieridentifikationssystemen (Ohrmarken) Informationen über das Einzeltier auf. Sie müssen so beschaffen sein, dass sie hohen mechanischen Belastungen durch das Tier und den vorherrschenden klimatischen Bedingungen standhalten (SCHEIBE, EICHHORN 2001). Mit zunehmend nicht invasiven Mess- und Transfermethoden verbessern sich die Möglichkeiten der Tierdatenmessung entscheidend (BREHME ET AL. 2004). Der Einsatz von Sensoren ist inzwischen in der Milchviehhaltung unumstritten und viel praktiziert. Zum Beispiel lassen sich durch den Einsatz zahlreicher Sensoren in automatischen Melksystemen unter anderem viele Aussagen zum Tierverhalten treffen (SCHÖN ET AL. 2001). Weiterhin ist bekannt, dass durch die regelmäßige Erfassung der Parameter Milchmenge, elektrische Leitfähigkeit der Milch und Tieraktivität ausgewertet durch ein Herdenmanagementprogramm, die Herdenführung entscheidend verbessert werden kann (STUMPENHAUSEN 2001). Der Einsatz von Sensorik in extensiven Haltungssystemen wie der Mutterkuhhaltung ist selten und auf wenige Forschungsprojekte beschränkt. Das Wissen über die Messbarkeit von Tierreaktionen mit sensorbasierten Methoden ist in diesem Bereich dementsprechend gering. Mutterkuhhaltende Betriebe benutzen in erster Linie computergestützte Managementsysteme, die auf der Grundlage durch menschliche Beobachtungen erfasster Daten arbeiten (KAUFMANN, UHR 2002). So werden hauptsächlich Erkenntnisse über Reproduktionsparameter, Gesundheitsstatus und Gewichtsentwicklung erfasst und als Entscheidungshilfe durch die Betriebsleitung genutzt.

2.5.3 Entwickelte Systeme zur sensorbasierten Datenerfassung von Verhaltensparametern

Die Existenz leistungsfähiger Computer und der enorme Fortschritt in der Mikroelektronik ermöglicht inzwischen die Entwicklung einer Vielzahl sensor- und computergestützter Systeme, die in der Erforschung von physiologischen Parametern und Verhaltensreaktionen bei Tieren eingesetzt werden. Die Systeme unterscheiden sich je nach gewünschtem Informationsgewinn hauptsächlich in den messbaren Parametern, in der technischen Gestaltung und in der Anbringung. Die Verwendung einiger dieser Systeme wie z. B. Pedometer und Respektoren beschränkt sich nicht mehr nur auf die Forschung, sondern hat auch Eingang in die landwirtschaftliche Praxis gefunden.

Pedometer werden vor allem als Hilfsmittel zur Brunsterkennung von verschiedenen Herstellern angeboten. Die auf dem Markt angebotenen Systeme unterscheiden sich zwar in ihrer technischen Ausführung und den verwendeten Algorithmen zur Aufarbeitung der Aktivitätsdaten (KLINDWORTH, TRINKL, WENDL 2002), dennoch ist bei allen dieser Messsysteme das Funktionsprinzip ähnlich konzipiert. Die Erfassung der Tieraktivität erfolgt hierbei nach dem Grundsatz der elektrischen Impulzzählung. Frühere Pedometermodelle enthielten ein Glasröhrchen mit einem zwischen zwei Kontakten gelagerten Quecksilbertröpfchen, welches die elektrischen Impulse auslöste. Aus Umweltschutzgründen gingen die Hersteller zu Systemen über, in denen eine in einer Mulde gelagerte magnetische Metallkugel zwischen zwei Kupferspulen die Impulse auslöst. Neuere Systeme verwenden einen analogen Piezosensor (FRANKE 2004). Eine sehr fortschrittliche Entwicklung ist das Messsystem der ALT-Pedometer. Dabei steht ALT für Aktivität, Liegezeit und Temperatur. Diese Pedometer werden besonders zur Brunsterkennung und Tiergesundheitsüberwachung bei Milchkühen eingesetzt. Sie sind mit einem μ -Prozessor zur Erfassung und Speicherung der Messwerte und einem Piezosensor mit Schwellwertschalter zur Erfassung der Schritttaktivität ausgestattet. Zusätzlich wurden zwei digitale Lagesensoren zur Messung der Liegezeiten und ein Thermosensor zur Temperaturmessung der Pedometerumgebung eingebaut (BREHME, BAHR, HOLZ 2003; FRANKE 2004). Als weitere technische Verbesserung vervollständigt eine Echtzeituhr das Messsystem (BREHME ET AL. 2004). Die Vorteile dieser Pedometer liegen in der Messung von drei tierindividuellen Parametern, im wählbaren Zeitintervall von 1-60 Minuten, in der kontinuierlichen Messdatenerfassung und Speicherung mit manueller oder automatischer Datenübertragung mittels Funkmodem zum PC. Hinzu kommt die hohe Korrespondenz zwischen den Messparametern Aktivität und Liegezeit. Bei vielen Kühen ist der Zeitpunkt der Brunst mit einer Erhöhung der Bewegungsaktivität verbunden (WANGLER, WOLF 2000; JUNGE, KRIETER, FIRK 2001; STUMPENHAUSEN 2001). Untersuchungen in vier Milchviehbetrieben zeigten eine gestiegene Registrierung von Brunstzyklen um 25-61%. Die Erkennungsrate beinhaltet neben normalen Brunstereignissen auch sogenannte „stille“ Brunstzyklen, welche aufgrund geringerer Intensität und Dauer vom Personal kaum erkannt werden (BREHME ET AL. 2004).

Frühere Untersuchungen von KLINDWORTH, TRINKL und WENDL (2002) haben nachgewiesen, dass auch mit Pedometersystemen, die mit der Quecksilbertröpfchentechnologie ausgestattet sind, die Brunsterkennung mittels Aktivitätsmessung verbessert werden kann. Allerdings gibt es zwischen den Modellen verschiedener Hersteller Unterschiede. Bemerkbar werden die Unterschiede vor allem bei Betrachtung der Sensitivität und Fehlerrate in der Brunsterkennung. So erreichte das System des einen Herstellers zwar eine Sensitivität von 91%, aber auch eine Fehlerrate von 64,3% falsch positiv erkannter Brunstereignisse. Das System des anderen Herstellers erzielte mit 88% Sensitivität und einer Fehlerrate von 29% ein besseres Ergebnis. Eine Verringerung der Fehlerquote ist durch die Einstellung höherer Grenzwerte machbar (JUNGE, KRIETER, FIRK 2001), kann aber zu einer Verringerung in der Sensitivität führen (KLINDWORTH, TRINKL, WENDL 2002). Zu ähnlichen Ergebnissen kommen BREHME ET AL. (2004). Hier erbrachten Untersuchungen bei sensibler eingestellten Grenzwerten Steigerungen der Anzahl erkannter Brunstzyklen, jedoch auch eine erhöhte Anzahl von falsch positiven Meldungen. Auch WANGLER und WOLF (2000) machen darauf aufmerksam, dass die Höhe des eingestellten Grenzwertes darüber entscheidet wie viele brünstige Tiere vom System gemeldet werden und wie viele falsche Treffer darunter sind. Nach Untersuchungen in zwei Herden mit 100 bzw. 250 Tieren empfehlen sie einen Grenzwert von 100% über dem gleitenden Mittelwert der Vortage. Damit wurden rund drei Viertel aller brünstigen Kühe erkannt. Im Gegensatz dazu bleiben trotz zweimaliger visueller Brunstbeobachtung pro Tag etwa ein Drittel der brünstigen Tiere unerkannt. Mit Pedometern ist es bereits möglich die visuelle Brunsterkennung zu unterstützen. Dieser Aspekt ist für die Milchviehhaltung von besonderer Bedeutung, da die hier gewöhnlich eingesetzte künstliche Besamung eine bestmögliche Brunsterkennung voraussetzt.

Respektoren/ Rescounter sind im Halstransponder integrierte Sensoren, die ähnlich den Pedometern über elektronisch aufsummierte Zählimpulse die Bewegungen einer Kuh registrieren (WANGLER, REHBOCK 2000). Durch die Unterbringung im Transponder ist die Anbringung an der Kuh einfach und der Sensor ist vor Schmutz und Wasser geschützt (FRANKE 2004). Neben der Aktivitätsmessung kann das System auch der Tieridentifikation dienen (KLINDWORTH, TRINKL, WENDL 2002). Untersuchungen in einer Herde mit 80 Milchkühen zeigten, dass bei 73% der durch die Respektoren erkannten Tiere, mit einer erhöhten Aktivität im brunstnahen Zeitraum, ein besamungswürdiger Follikel mit Ultraschall festgestellt werden konnte. Der Grenzwert, bei dem ein Tier als brünstig erkannt und gemeldet wurde, lag bei 100% über dem tierindividuellen Mittelwert. Auch bei diesen Ergebnissen wird darauf aufmerksam gemacht, dass Kühe mit „stiller“ Brunst leichter zu erkennen sind (WANGLER, REHBOCK 2000). KLINDWORTH, TRINKL, WENDL (2002) merken an, dass eine Anbringung von Sensoren im Fußbereich vorteilhafter ist, da dort die Aktivitätserhöhungen besser erfasst werden, wogegen die Messungen am Hals in einer größeren Bandbreite streuen. Auf ähnliche Resultate kamen BREHME ET AL. (2002). Sie erkannten, dass sich Aktivitätsänderungen bei Kühen durch Pedometer im Gegensatz zu Respektoren genauer und eindeutiger identifizieren lassen. Zu anderen Ergebnisse gelangten WANGLER und WOLF (2000).

Ihr Vergleich von Pedometern und Respektoren ergab hinsichtlich der Erkennungsrate brünstiger Kühe keine statistisch gesicherten Unterschiede. Beide Systeme erfassten die Aktivität von Kühen zum Zeitpunkt der Brunst und an den übrigen Tagen des Zyklus mit ähnlicher Effizienz.

Actiwatch – Activity Monitoring System (AMS) ist ursprünglich für die Messung von Aktivitätsniveaus am Menschen entwickelt und für die Verwendung bei Tieren angepasst worden. Das AMS ist ein piezoelektronischer Beschleunigungsmesser, der sich in einem Gehäuse befindet und am Bein oder am Hals des Tieres befestigt wird. Der Sensor registriert Anzahl und Dauer von Beschleunigungsimpulsen mit mehr als $0,49 \text{ m/s}^2$. Das einzustellende Messintervall kann zwischen 2 Sekunden und 15 Minuten gewählt werden. Für die Konfiguration sowie das Auslesen der Daten ist es erforderlich das AMS per Kabel mit einer PC-Schnittstelle zu koppeln, um eine Datenübermittlung vorzunehmen (MÜLLER, SCHRADER 2003, VAN OORT ET AL. 2004). Erste Untersuchungen an Milchkühen ergaben eine große Übereinstimmung der AMS-Messungen mit den Ergebnissen der zeitgleichen Videoanalyse (MÜLLER, SCHRADER 2003). Mit weiteren Analysen an Rentieren konnten inaktive Phasen und Phasen mit Fortbewegung im Zeitverlauf mit einer Genauigkeit von 99% nachgewiesen werden (VAN OORT ET AL. 2004).

HeatWatch soll vordergründig zur Überwachung des Aufsprungverhaltens von Rindern dienen und das Erkennen brünstiger Kühe unterstützen. Das Funktelemetriegerät besteht aus einem miniaturisierten Funkwellensender, der mit einem Drucksensor gekoppelt ist. Das Gerät wird von einer wasserdichten Tasche umgeben, die möglichst dicht oder direkt am Schwanz des Tieres mit Kontaktkleber oder mit einem Riemen befestigt werden sollte. Die Aktivierung des Drucksensors erfolgt, wenn der Druck auf den Sensor, durch den Aufsprung einer Kuh, länger als 2 Sekunden anhält. Dann wird ein Funksignal mit der Sensoridentifikation, dem Datum, der Zeit und der Aktivitätsdauer des Sensors über eine Funkantenne an einen Computer weitergeleitet sowie gespeichert. Anschließend stehen die Daten zur Auswertung zur Verfügung (NEBEL ET AL. 2000; AT TARAS, SPAHR 2001). AT TARAS und SPAHR (2001) konnten mit dem HeatWatch System eine 87%ige Effizienz in der Brunsterkennung bei Milchkühen erreichen. Damit übertraf das Sensorsystem die visuelle Brunsterkennung mit über 20%. Untersuchungen an Fleischrindkühen mit diesem System ergaben ähnlich gute Ergebnisse. Die Brunsterkennung führte zu einer Konzeptionsrate von 84,2% nach dem ersten Brunstereignis (MATHEW ET AL. 1999).

ETHOSYS ist ein nicht invasives Speichertelemetriesystem zur kontinuierlichen Erfassung von Verhaltensdaten bei größeren Säugetieren (SCHEIBE ET AL. 1998). Im Vordergrund stehen besonders die Parameter Aktivität und Futteraufnahme. Die Erfassung wird über Sensoren in einem Halsband (ETHOREC) realisiert. Die angewandte Sensorik im Halsband erfasst die allgemeine Bewegung sowie bestimmte Bewegungsrhythmen (Bewegung mit Kopf oben/ unten) über programmierbare, digitale Frequenzfilter und die Kopfhaltung des Tieres.

Die einzelnen Signale werden miteinander verknüpft und von bis zu vier verschiedenen logischen Zuständen abgefragt und gezählt. Die Abspeicherung der Zählergebnisse erfolgt in einstellbaren 5-60-min Intervallen, in vier Kanälen, als fortlaufende Zeitreihe. Bei Annäherung eines Tieres an die Auslesestation (ETHOLINK) werden die Daten über eine Funkverbindung ausgelesen. Die Verarbeitung am PC erfolgt im Anschluss mit einer speziellen Software (ETHODAT). Die Speicherkapazität des Halsbandes beträgt 2.047 Datensätze. Das entspricht, bei einem Erfassungsintervall von 5 Minuten, 7,1 Tage unabhängiger Registrierdauer und bei einem eingestellten Intervall von 1 Stunde 85,3 Tage. Innerhalb dieser Zeit muss das Tier in die Nähe der Auslesestation kommen (SCHEIBE ET AL. 1998; SCHEIBE, EICHHORN 2001). Mehrere Untersuchungen an Wildtieren und extensiv gehaltenen Nutztieren wurden bereits mit ETHOSYS durchgeführt, um Verhaltensparameter besonders über einen langen Zeitraum zu erfassen.

Analysen über 6 Monate an Alpacas, Schafen, Przewalski Pferden und Mufflons ergaben, dass die Messungen der Sensoren (ETHOREC) in einem sehr hohen Maß mit der Observation übereinstimmen. Nur 6 von 20 berechneten Korrelationen lagen unter 0,90 (SCHEIBE, EICHHORN 2001). Das spricht sehr deutlich für die Zuverlässigkeit der durch die Sensoren ermittelten Werte bezüglich des Bewegungs- und Futteraufnahmeverhalten. In weiteren Untersuchungen von SCHEIBE ET AL. (2003) konnten Unterschiede in der täglichen allgemeinen Aktivität und der Graseaktivität zwischen Sommer- und Winterzeit nachgewiesen werden. Ebenfalls ließ sich die Lammzeit von Mufflons eindeutig identifizieren (SCHEIBE ET AL 2003). Bereits 1996 wurde ETHOSYS bei Mutterkühen getestet und Unterschiede in der allgemeinen Aktivität und Graseaktivität zwischen Sommer und Winter sowie Tag und Nacht nachgewiesen (BAROW, GERKEN 1997). ZERBE (1997) setzte ETHOSYS ein, um ein Langzeitmonitoring der Aktivität von Mutterkühen vor der Kalbung aufzunehmen. In den Zeitkarten der Tiere fehlen eindeutige Anzeichen für eine Kalbung. Für die Bewertung von peripartalen Aktivitätsänderungen muss der Überlagerungseffekt jahreszeitlicher Veränderungen berücksichtigt werden. Am Abkalbetag zeigte sich bei den Kühen dennoch eine nach oben abweichende Summenfunktion der absoluten Intervalldifferenzen, die tierindividuell verschieden ausfällt. Der Beginn der Abweichung kann auf den Zeitpunkt der Geburt hinweisen.

VIENNA ist ein invasives Funk-Telemetrie-System. Es besteht aus einem implantierbaren 100 kHz Transmitter zur Messung der Herzfrequenz und Körpertemperatur. Ein zusätzliches Halsband erfasst Aktivitäten mit Kopf oben/ unten und ergänzt bzw. verbindet diese mit den Informationen zur Herzfrequenz. Die Datenempfangsstation ist batteriebetrieben und beinhaltet einen mit Mikroprozessor gesteuerten Funkempfang mit einer Datenvorverarbeitung sowie eingebauter Speichermöglichkeit. Die Daten werden auf Minutenbasis vorverarbeitet und differenziert in Herzfrequenz, Körpertemperatur und Aktivität gespeichert. Die endgültige Datenverarbeitung kann dann am PC mit geeigneter Software erfolgen. Bei Nutzung von 1min-Intervallen in der Datenerfassung arbeitet das System bis zu 6 Monaten.

Damit eignet es sich sehr gut für ein Langzeitmonitoring. Im Gegensatz zu ETOSYS, welches Bewegungen differenziert, zählt VIENNA lediglich jede Aktivität, die sich vom Liegen unterscheidet (BERGER ET AL. 1997).

APEC ist ein entwickelter Kauschlagzähler. Er erkennt Fressen, Wiederkauen und Ruhen bei Rindern, indem er Kieferbewegungen misst und interpretiert. APEC beinhaltet einen pneumatischen Signalgeber, der unter dem Kiefer befestigt ist sowie einen Datenlogger. Kieferbewegungen verursachen Druckveränderungen. Diese werden alle 2,5 Sekunden von einem elektronischen Signalgeber erkannt, der sämtliche pneumatische Impulse in eine binäre Darstellung umwandelt. Die Speicherkapazität ist auf 6 Tage beschränkt, was eine durchgängige Langzeiterfassung unterbindet. Das Auslesen der gespeicherten Daten erfolgt direkt am Tier über die Verbindung des APEC mit einem PC, woraus ein hoher Aufwand und eine Stressbelastung für das Tier resultieren kann. Die Werte werden durch eine interpretierende Software in die Kategorien Fressen, Wiederkauen und Ruhen eingeteilt und anschließend ausgewertet (BLANC, BERGER 1995).

Bewator Cotag Granta Compact wurde ursprünglich für die Kontrolle und Überwachung von Gebäudezugängen entwickelt und zur Untersuchung des Graseverhaltens von Rindern adaptiert. Das System setzt sich aus einer Schleifenantenne, einem Transponder und einem Controller zusammen. Die Schleifenantenne besteht aus einem Kabel, welches nicht länger als 10m sein sollte und auf bzw. im Boden in Form eines Rechteckes oder eines Kreises verlegt wird. Um ein großes Weidestück flächendeckend zu überwachen, können mehrere Antennen nebeneinander verlegt werden. Der Controller ist über ein Verbindungskabel mit der Antenne verbunden. Der Transponder ist sehr klein und wiegt lediglich 14,4g, so dass er am Bein oder am Halsband angebracht oder mit einer Ohrmarke kombiniert werden kann. Wenn die Kuh in den Sendebereich der Antenne kommt, empfängt der Transponder ein 137 kHz Signal von der Antenne und reagiert mit der Ausstrahlung eines 66 kHz Signals, das die Identifikationsnummer des Tieres enthält. Dieser Code wird über die Antenne an den Controller weitergegeben. Sobald der Transponder in den Sendebereich gelangt, wird der Eintrittspunkt, die Zeit, das Datum und die Identifikationsnummer registriert. Der Controller ist in der Regel ein Zweikanalgerät, kann aber durch eine einsteckbare Platine zu einem Vierkanalgerät aufgestockt werden. So ist es mit einem Controller möglich die Informationen von 4 Antennen zu speichern. Die ersten Datenanalysen beziehen sich in erster Linie auf die technische Umsetzung des Systems. Obwohl Aufwand und Ausstattung sehr umfangreich sind, treten durch die Anbringung der Antennen und Controller auf der Weide keine Störungen der Tiere auf. Die Empfangsleistung der Antennen ist beeinflusst vom Abstand der Transponder zum Erdboden. Je dichter der Transponder an der Erdoberfläche ist, z. B. bei Anbringung am Bein, desto mehr vergrößert sich der Empfangsbereich der Schleifenantenne. (SWAIN, WILSON, DICKINSON 2003).

GPS (Global Positioning System) ist anfänglich für militärische Zwecke entwickelt worden. Der Nutzer erhält mit Hilfe von Satelliten in der Erdumlaufbahn geographische Positionsangaben.

Das GPS besteht aus 3 Elementen.

1. Das Weltraumsegment umfasst 24 Satelliten in der Erdumlaufbahn, von denen 5-8 Satelliten zu jedem Zeitpunkt und von jedem Punkt der Erde Funksignale zeitgenau erzeugen und senden.
2. Das Kontrollsegment ist ein Netzwerk aus Bodenstationen, welche die Satelliteninformationen überwachen (z. B. Zeit, Lage des Satelliten) und die korrekte Arbeitsweise des Systems sichern.
3. Das Nutzersegment ist ein Empfangsgerät, welches die Satellitensignale in geschätzte Positionsangaben umwandelt (TURNER ET AL. 2000).

Die Genauigkeit des Systems kann durch Zeit- und Positionsfehler des Satelliten, Fehler des Empfangsgerätes, atmosphärische Störungen und durch die Reflexion von Funksignalen durch große Objekte eingeschränkt werden. Für den zivilen Nutzer ist das größte Problem eine verringerte Genauigkeit der Positionsangaben durch eine absichtlich aber unvorhersehbar herbeigeführte Ungenauigkeit der Satellitenuhr, die durch das Militär kontrolliert wird. Dadurch kann es zu großen Schwankungen in den Positionsangaben für ein und denselben Ort kommen. Diese Ungenauigkeiten eines GPS-Gerätes können mit der DGPS-Prozedur erheblich verbessert werden, indem eine zusätzliche Empfangsstation an einer genau bestimmten Position installiert wird und die empfangenen Satellitendaten mit den exakten Positionsdaten verglichen sowie die aktuellen Abweichungen als Fehlermagnitude berechnet werden. Auf ein in der Nähe befindliches GPS-Gerät (bis 50km) kann dieser Fehlereinfluss als Korrekturangabe übertragen werden. Auf diesem Weg ist eine Genauigkeit von bis zu 5m erreichbar (UDAL 1998; TURNER ET AL. 2000). Für den Einsatz bei Wild- und Nutztieren sind Halsbänder mit integriertem GPS-Sender im Einsatz. Allerdings sind die Komponenten groß und haben insbesondere einen hohen Strombedarf. Neben dem Empfänger sind weitere Komponenten zur Speicherung und/ oder Datenübertragung notwendig (SCHEIBE, EICHHORN 2001). Bisherige Untersuchungen zum Einsatz der GPS-Technik bei Rindern in nordamerikanischen Paddocks beschäftigten sich in der Hauptsache mit dem Weideverhalten der Tiere und den Präferenzen hinsichtlich der aufgesuchten Weideareale. Dabei stellte sich heraus, dass sich ausgewählte Tiere einen Großteil der Zeit in bestimmten Arealen einer Weide aufhalten, die weniger als 20% der Gesamtfläche darstellen. Andere Weideareale wurden dagegen nur ganz geringfügig frequentiert (UDAL 1998).

Tabelle 14: Zusammenfassung der beschriebenen Systeme (eigene Darstellung)

Systeme	Anbringung am Tier	Einfluss auf das Tier	gemessene Parameter	Vorteile	Nachteile
Pedometer	Fesselgelenk	gering	Schrittzahl, Liegezeit und Temperatur möglich	leichte Anbringung, langfristige Datenerfassung möglich	stoß- und nässegefährdet
Respaktor/ Rescounter	Halsband	gering	Bewegung des Kopf-Halsbereiches	leichte Anbringung	keine Differenzierung der Bewegung
ActiWatch	Fesselgelenk, Halsband	gering	Beschleunigung bei Fortbewegung	leichte Anbringung	keine Differenzierung der Bewegung
Heatwach	In Schwanzregion per Kleber oder Riemen	schwer einschätzbar	Anzahl und Dauer von Aufsprüngen	Nutzung eines typischen Brunstzeichens	Art der Anbringung
ETHOSYS	Halsband	gering	Bewegung Kopf oben/ unten (Graseaktivität), Ruhen	leichte Anbringung, langfristige Datenerfassung	
VIENNA	Implantat und Halsband	nach Abheilung gering	Herzfrequenz, Körpertemperatur, Bewegung Kopf	permanente Überwachung von Herzfrequenz und Körpertemperatur	Eingriff am Tier, nur einmalige Verwendung
APEC	unter dem Kiefer	mittel bis hoch	Kieferbewegungen	genaue Bestimmung der Wiederkauaktivität	schwierige Anbringung, Stressbelastung des Tieres beim Auslesen der Daten
Bewator Compact	Ohr, Hals, Fesselgelenk	gering	Standortbestimmung	genaue Bestimmung der Aufenthaltszeit in einem Areal möglich	hoher technischer Aufwand
GPS	Hals	gering	Standortbestimmung	genaue geographische Angabe der Standorte möglich	Genauigkeit u. a. abhängig von Wetter und Umgebung

Die vorgestellten Systeme sind nur ein Ausschnitt aus den technisch möglichen Entwicklungen und umfassen bei weitem nicht alle weltweit angewandten Modelle der sensorbasierten Datenerfassung, zumal die Entwicklung permanent weiter fortschreitet.

2.5.4 Mathematische Methoden zur Daten- und Problemanalyse von Verhaltensparametern

Im Anschluss an die sensorbasierte Datenerfassung muss eine sinnvolle Analyse der Daten für den gewünschten Informationsgewinn sorgen. Je nach Einstellung der Systeme ist der Datengewinn so umfangreich, dass ein Handling der Datenmenge erst mit Hilfe leistungsfähiger und komplex arbeitender Rechnersysteme möglich wird. Die Nutzung der Daten durch den Anwender erfolgt zumeist über Software mit implementierten mathematisch-statistischen Funktionen als Grundlage von mathematischen Modellen. Ihre Aufgabe besteht darin, mit Hilfe der gewonnenen Daten zur Optimierung oder Korrektur des Produktionsprozesses beizutragen.

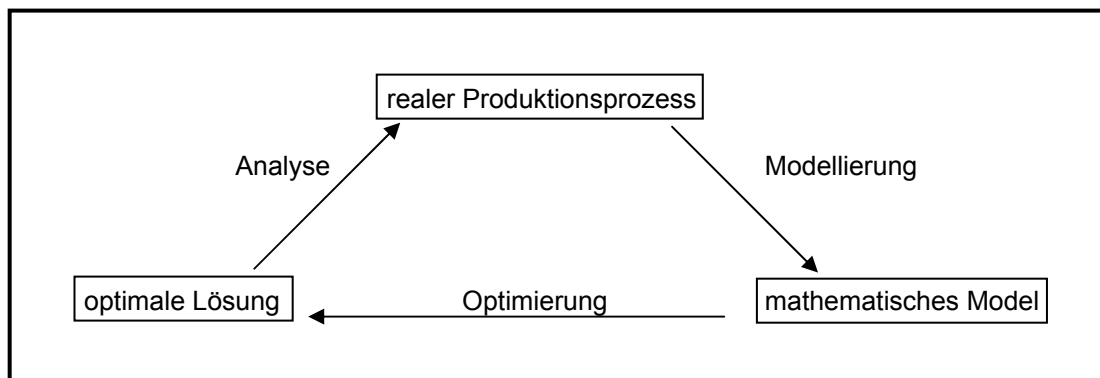


Abbildung 3: Beziehung zwischen mathematischen Modellen und dem realen Produktionsprozess nach RODRIGUES und ZIMMERMANN (1998)

Durch die Entwicklung neuer experimenteller Techniken und die steigende Komplexität von Fragestellungen ist es notwendig geworden, die klassischen Methoden der Datenanalyse (Betrachtungen von Mittelwerten und Varianzen, Signifikanztests usw.) zu erweitern, um eine angemessene Interpretation der Daten zu erreichen (HÜTT 2001). Zusätzlich geht der Trend in verschiedenen Bereichen der Nutztierhaltung zur Erfassung und Analyse von einzeltierbezogenen Daten, welche die Überwachung und Lenkung von Leistung und Status des Tieres im Sinne des Managements unterstützen sollen. Diese Daten stehen in einem temporären Zusammenhang und unterliegen stetigen Veränderungen, die in die Datenanalyse miteinbezogen werden müssen. Am Ende muss der Landwirt, mit den gewonnenen Daten als Grundlage, Entscheidungen treffen. Vielfach treten trotz genauer Datenakquisition und Bereitstellung verschiedene Formen von Unsicherheiten auf (z. B. resultierend aus natürlichen Phänomenen), die im Prozess der Entscheidungsfindung berücksichtigt werden sollten.

Eine mathematische Methode, die robust gegenüber ungenauem Wissen und vagen Ereignissen reagiert, ist die **Fuzzy-Logic**. Lofti A. Zadeh begründete 1964 diese Theorie der unscharfen Mengen, wobei es sich grundsätzlich um eine Erweiterung der gewöhnlichen Mengenlehre handelt (GERKE, GROF 2001). In der gewöhnlichen Mengenlehre teilt sich die Menge aller Aussagen in zwei Klassen: die Menge aller wahren und die Menge aller falschen Aussagen. Dieses Prinzip der eindeutigen Zugehörigkeiten hat sich zwar in Mathematik und Informatik bewährt, doch bei vielen praktischen Anwendungen wären „gleitende Übergänge“ zwischen 0 und 1, Zugehörigkeit und Nichtzugehörigkeit wünschenswert (BANDEMER, GOTTWALD 1993). Denn nicht jede Form von menschlichem Expertenwissen ist mathematisch einfach oder überhaupt modellierbar, da es nicht immer widerspruchsfrei ist (PETRY, HERBERGER 1998) bzw. nach der Booleschen Logik der wahren oder der falschen Menge zugeordnet werden kann. So erlaubt die Fuzzy-Logic im engeren Sinne die Verwendung unscharfer Begriffe, da Ausdrücke wie z.B. schönes Wetter nicht präzise definierbar sind (RICHTER 2005). Kurz zusammengefasst arbeitet diese Methode mit unscharfen Begriffen und verwendet unscharfe Regeln. Sie verknüpft diese Regeln zu einem unscharfen Ergebnis. Durch fuzzy-logische Inferenz und Defuzzifizierung ist das Ergebnis wieder in eine präzise Anwendung umsetzbar (YANG 1998).

Möglichkeiten für die Auswertung von einzeltierbezogenen Daten im zeitlichen Zusammenhang bietet die **Zeitreihenanalyse**. Sie untersucht die Eigenschaften von Zeitreihen, insbesondere um Zusammenhänge zwischen aufeinanderfolgenden Beobachtungen zu ermitteln und zukünftige Beobachtungen zu prognostizieren (ANONYM 2 2004). Traditionell versteht man unter einer Zeitreihe die zeitlich geordnete Abfolge der Beobachtungen von statistischen Massen, die Unterschiede im zeitlichen kollektivabgrenzenden Merkmal aufweisen. Bei der Interpretation einer Zeitreihe ist wichtig, dass sich innerhalb der Zeitreihe die Beobachtungen auf statistische Massen beziehen, die sich lediglich im zeitlichen Merkmal unterscheiden. Weiterhin geht man im traditionellen Verständnis von äquidistanten Zeitreihen aus, also Reihen mit gleicher zeitlicher Entfernung zwischen den Zeitindizes (LUEBBERT 1999). Dem aktuellen Verständnis zufolge werden empirische Zeitreihen als eine endliche Realisation eines übergeordneten, den spezifischen Sachverhalt umfassenden, stochastischen Prozess angesehen, wobei sich ein stochastischer Prozess auf zwei Arten beschreiben lässt.

1. Der stochastische Prozess ist die Grundgesamtheit für eine empirische Zeitreihe. Demzufolge stellt eine empirische Grundgesamtheit eine Stichprobenrealisation aus einer eventuell sehr umfangreichen Masse dar.
2. Der stochastische Prozess stellt eine Folge von Zufallsvariablen dar, wobei jedem Zeitindex eine Zufallsvariable zugeordnet ist. Er ist formal eine Funktion mit zwei Definitionsbereichen, dem Ereignisraum und dem Zeitindex.

Generell stellt eine konkret vorliegende Reihe zunächst eine Folge von reellen Zahlen dar, welche die zeitliche Entwicklung eines Sachverhaltes beschreibt. Dem Analytiker steht es frei, die Art der Interpretation der Zeitreihe zu wählen. Sie richtet sich rein nach der Zweckmäßigkeit (LUEBBERT 1999).

Die unbestritten wichtigste Technik der linearen Zeitreihenmethodik kommt aus der Signaltheorie, in der eine physikalische Darstellung einer Nachricht analysiert und interpretiert wird. Periodische Signale und Signale mit periodischen Elementen lassen sich besonders einfach auf ihre Bildungsgesetze und die in ihr enthaltenen Information hin untersuchen, wenn man sie nicht in Abhängigkeit von der Zeit betrachtet, sondern die Stärke der zum Signal beitragenden Frequenzen. Das ist die Grundidee der **Fourieranalyse** (BUTZ 2005). Das wichtigste Ergebnis eines solchen Analyseprozesses ist das sogenannte Powerspektrum. Hier zeigen sich z. B. Einzelfrequenzen, die einen starken Beitrag zur Zeitreihe geben sowie Verteilungen von Frequenzen, wenn Schwingungen über einen breiten Frequenzbereich zum Signal beitragen (HÜTT 2001). Der Fourieranalyse kann man eine Autokorrelation vorschalten, da sich charakteristische Parameter von periodischen Strukturen durch die Berechnung der Autokorrelation relativ einfach ermitteln lassen und damit z. B. in stark verrauschten Signalen Periodizitäten findet, die nicht ohne weiteres ersichtlich sind.

Ein weiteres Mittel in der Zeitreihenstatistik ist die Bestimmung von Trends, die eine längerfristige Entwicklungstendenz einer Zeitreihe widerspiegelt. Die Berechnung von Trends hat hauptsächlich zwei zentrale Aufgaben:

1. Datenreduktion
2. Prognose.

Prognosen können auch für die Vergangenheit ermittelt werden (ex-post-Prognosen). Sehr häufig angewandte Funktionen in der Trendbestimmung sind die Methoden „Gleitende Durchschnitte“ und „kleinste Quadrate“ (LUEBBERT 1999). Beides kann zum Glätten von Zeitreihen genutzt werden, um Trends sichtbar zu machen.

Einen **Gleitenden Durchschnitt (GD)** berechnet man aus einer gleichbleibenden Anzahl zeitlich benachbarter Beobachtungswerte. Er wird dem in der Mitte des jeweiligen Zeitintervalls liegenden Zeitpunktes t zugeordnet. Wichtig dabei ist, dass das Zeitintervall mit dem zugrunde liegenden Zyklus übereinstimmt, wobei die Auswahl des Zyklus die schwierigste Aufgabe dieser Methode ist. Je größer der Zyklus gewählt wird, umso „geglätteter“ erscheint im Anschluss die Trendlinie. Da die Werte der gleitenden Durchschnitte stets dem mittleren Beobachtungswert der jeweiligen Durchschnittsgruppe zugeordnet werden, können am Anfang und am Ende der Zeitreihe keine Trendwerte bestimmt werden, was die Basis für die Interpretation der empirischen Reihe verringert. Ein weiterer Nachteil ist die mögliche Beeinflussung der Trendfunktion durch Extremwerte, die Zyklen hervorrufen können, welche in der ursprünglichen Zeitreihe nicht vorhanden waren.

Die **Methode der kleinsten Quadrate** basiert im Gegensatz zu den Gleitenden Durchschnitten auf der expliziten Erzeugung von Schätzfunktionen, wobei an die Daten der Ursprungsreihen keinerlei Anforderungen gestellt werden. Es müssen lediglich Anhaltspunkte vorhanden sein, dass sich der Trend in einer mathematischen Funktion ausdrücken lässt.

Die sich aus der unabhängigen Variablen Zeit (x) und den Werten zu den unterschiedlichen Zeitpunkten (y) ergebene Regressionsgerade wird zum Zweck der Schätzung, Vorhersage oder auch Prognose verwendet. Die Anwendung der Methode ermöglicht die stärkere Berücksichtigung größerer inhaltlich bedeutsamer Abweichungen im Vergleich zu kleineren Abweichungen, die eventuell auf Zufälle zurückzuführen sind (LUEBBERT 1999).

Die Methode der kleinsten Quadrate ist Grundlage für die **Lowessfunktion** (locally weighted regression scatter plot smothing), einer lokal gewichteten Regressionsglättung zur Kurvenanpassung in einem zweidimensionalen Scatterplott (Streudiagramm). Dabei gibt es keine Vorgabe eines speziellen Funktionstyps und es werden 2 Arten von Gewichten verwendet, die Nachbarschaftsgewichte und die Robustheitsgewichte (ANONYM 3 2004). Die Festlegung von Nachbarschaftsgewichten sorgt dafür, dass die nahe bei dem ausgewählten neu zu schätzenden Vorhersagewert liegenden Beobachtungswerte eine größere Gewichtung erhalten als die weiter entfernten. Um die Beeinflussung der geschätzten Regressionsfunktion durch potentielle Ausreißer in einem bestimmten Maß zu begegnen, werden neben den Nachbarschaftsgewichten zusätzlich Robustheitsgewichte ermittelt. Eine genauere Kurvenanpassung kann über die Multiplikation von Nachbarschaftsgewichten mit Robustheitsgewichten und einer erneuten Schätzung einer linearen Regressionsfunktion innerhalb der einzelnen Bereiche vorgenommen werden. Diese iterative Schätzung kann mehrmals wiederholt werden, wobei gilt: je höher die Anzahl der Iterationen, desto besser die Kurvenanpassung. Die weitere Erhöhung einer bereits hohen Iterationszahl bringt allerdings kaum eine sichtbare Verbesserung (ANONYM 3 2004). Die Schwierigkeit dieses Verfahrens liegt ähnlich wie beim Gleitenden Durchschnitt in der Festlegung der Anzahl der einfließenden nachbarlichen Beobachtungswerte bei der Neuberechnung eines Ausgangswertes in der Zeitreihe (Zyklus). Hierfür gibt es keine Regel. Denn die Festlegung der Anzahl einfließender Werte ist abhängig von der Zweckmäßigkeit bzw. von dem gewünschten Ausmaß der Glättung, denn es gilt ebenfalls: je mehr Beobachtungswerte in die Nachbarschaftsgewichtung einbezogen werden, umso „geglätteter“ gestaltet sich die Kurve.

3 Zielstellungen der Arbeit

Trotz der Erkenntnis, dass extensive Tierhaltungen, wie es die Mutterkuhhaltung ist, eine intensive Tierüberwachung notwendig machen, findet die Erforschung und Anwendung von sensor- und rechnerbasierten Kontrollsystemen in diesem Bereich bisher nur in sehr geringem Umfang statt. Die Folge davon ist ein unzureichender Erkenntnisstand über die Nutzbarkeit dieser Systeme für die objektive Erfassung, Analyse und Modellierung von Verhaltensparametern, die der sicheren Erkennung von Veränderungen im Zustand oder Status extensiv gehaltener Tiere dienen können. Das übergeordnete Ziel der vorliegenden Arbeit besteht deshalb in der Analyse, Modellierung und Bewertung sensor- und rechnergestützt erfasster Daten von Mutterkühen während der Geburt und der Brunst. Da diese Zeiträume entscheidend für Tiergesundheit und Wirtschaftlichkeit sind, sowie Veränderungen im Verhalten der Tiere auslösen, sind sie für die Messung von Tierreaktionen von besonderer Bedeutung. Dabei ist es wichtig, Parameter zu erfassen, bei denen im Zusammenhang mit Geburt und Brunst Verhaltensänderungen zu erwarten sind. Anhand dieser Überlegungen werden zur Erreichung des übergeordneten Zieles folgende Teilziele definiert:

1. Sensor- und rechnerbasierte Erfassung der Parameter Bewegungsaktivität, Flächennutzung und Wasseraufnahme im geburts- und brunstnahen Zeitraum
2. Uhrzeitgenaue Einteilung der Daten in definierte Tageszeitabschnitte, Vergleichszeiträume sowie Zeitreihen für die Auswertung der Geburts- und Brunstereignisse
3. Gruppen- und einzeltierbezogene Prüfung der Parameter mit statistischen Mittelwertvergleichen und Zeitreihenanalytik für die Ereignisse Geburt und Brunst
4. Entwicklung und Prüfung von Bewertungsmöglichkeiten der Parameter
5. Beurteilung der Aussagequalität der Parameter bezogen auf die zeitgenaue Erkennung von Geburts- und Brunstereignissen.

4 Material und Methode

4.1 Standorte der Versuchsdurchführung

Die Untersuchungen fanden zum größten Teil in der Versuchsstation der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät in Blumberg statt. Die Station befindet sich nordöstlich am Stadtrand von Berlin. Dort waren die technischen Voraussetzungen gegeben, die Parameter Bewegungsaktivität, Flächennutzung und Wasseraufnahme gleichzeitig zu erfassen. Der Mutterkuhherde stand eine 6,6 ha umfassende Weide und ein stets zugängliches Stallgebäude zur Verfügung. Den Übergang von der Weide zum Stall bildete eine betonierte Vorhoffläche, auf der die Tiere im Bedarfsfall separiert werden konnten.



Abbildung 4: Weidefläche der Mutterkühe in Blumberg

Eine Zufütterung der Tiere erfolgte in den Wintermonaten und während anhaltender Trockenheit im Sommer, entweder im Stall oder im Vorhofbereich. Als Futtermittel standen Heu, Stroh, Grassilage und in seltenen Fällen Maissilage zur Verfügung. Die Mutterkühe erhielten geringe Mengen Kraftfutter als Lockmittel.

Ein weiterer Versuchsdurchgang fand in einem Landwirtschaftsbetrieb mit Mutterkuhhaltung in Mecklenburg-Vorpommern statt. Der Betrieb produziert nach den Richtlinien des ökologischen Landbaus. Die Rinder wurden ganzjährig im Freien gehalten. In der Vegetationsperiode, zwischen Mai und September, ernährten sich die Tiere ausschließlich vom Aufwuchs der Umtriebs- und Standweiden. Während der Wintermonate kamen betriebsintern produzierte Futtermittel wie Heu, Stroh und Grassilage zum Einsatz. Kraftfutter stand ausschließlich den Kälbern zur Verfügung.



Abbildung 5: Weidefläche der Mutterkühe im Landwirtschaftsbetrieb

Die für den Versuch relevante Herde wurde auf einer 39,2ha großen Weidefläche gehalten, welche in 6 verschiedene Teilflächen gegliedert war. Nach dem Prinzip der Umtriebsweide wies man den Mutterkühen nach zwei bis vier Tagen eine neue Teilfläche zu.

4.2 Tierbestand

In der Versuchsstation Blumberg umfasste die Herde im Versuchszeitraum zwischen zehn und vierzehn Mutterkühe mit Nachzucht. Das installierte technische System zur gleichzeitigen Erfassung der Parameter machte eine Beschränkung auf die angegebene Tierzahl notwendig. Zu Beginn der Untersuchungen waren alle Tiere reinrassig Gelbvieh. Im Verlaufe des Projektes erfolgte die Einkreuzung mit der Rasse Deutsch Angus, um einen möglichst problemfreien Geburtsverlauf zu fördern. Die daraus entstandenen weiblichen Kreuzungstiere verblieben in der Herde. Die männlichen Kälber wurden zwischen sechs und zehn Monaten abgesetzt und verließen die Gruppe. Für die Untersuchungen zur Brunst wurde ein Bulle der Rasse Deutsch Angus der Herde in Blumberg zugestellt.



Abbildung 6: Gelbviehkühe der Herde in Blumberg

Im beschriebenen Landwirtschaftsbetrieb belief sich der gesamte Mutterkuhbestand in der Zeit der Untersuchungen auf etwa 400 Mutterkühe, zusätzlich der Nachzucht. Die Tiere waren in verschieden große Herden eingeteilt. Die für die Versuchsdurchführung relevante Mutterkuhherde zählte 80 Mutterkühe mit ihren Kälbern. Überwiegend vertreten waren Kreuzungen aus den Rassen Schwarzbuntes Milchrind (SMR), Hereford und Deutsch Angus.



Abbildung 7: Kreuzungskühe der Herde im Landwirtschaftsbetrieb

4.3 Zeiträume der Versuchsdurchführung

Die Versuchszeiträume ergaben sich aus den Abkalbe- und Brunstperioden der zur Verfügung stehenden Tiere. Da in der Versuchsstation nur eine kleine Anzahl Tiere vorhanden war, wurden zwei Abkalbeperioden 2002/ 03 und 2004 genutzt, um die Anzahl der Freiheitsgrade zu erhöhen.

Der Versuchsdurchgang im landwirtschaftlichen Betrieb in Mecklenburg - Vorpommern fand im Juli und August des Jahres 2002 statt (Tabelle 15). Da es sich um einen Versuch im Praxisbetrieb handelte, war es aus technischen Gründen nicht möglich den Parameter Wasseraufnahme zu ermitteln.

Tabelle 15: Überblick über Versuchszeiträume und erfasste Parameter

Parameter	22.07.02 bis 09.08.02	13.11.02 bis 22.03.03	18.03.04 bis 16.06.04	07.07.04 bis 21.09.04
Bewegungsaktivität	Geburt	Geburt	Geburt	Geburt/ Brunst
Flächennutzung	Geburt	Geburt	Geburt	Geburt/ Brunst
Wasseraufnahme	-	Geburt	Geburt	Geburt/ Brunst

4.4 Erfassung und Analyse der Parameter

Die Datenerhebung der drei Parameter Bewegungsaktivität, Flächennutzung und Wasseraufnahme konzentrierte sich auf die Zeiträume der Geburt und der Brunst. Mit dem Begriff Bewegungsaktivität wird das Bewegungs- und Ruheverhalten der Tiere beschrieben. Dieser Parameter umfasst die Anzahl der gezählten Schritimpulse sowie die Liegezeiten der Mutterkühe. Die Flächennutzung beschreibt das von den Rindern genutzte Areal in m². Der Parameter Wasseraufnahme umfasst die Anzahl der Kontakte, die Anzahl der Besuche und die aufgenommene Wassermenge. Für jeden Parameter wurde ein bestimmter Zeitraum zur Datenerfassung definiert.

4.4.1 Erfassung der Bewegungsaktivität

Die Ermittlung der Bewegungsaktivität erfolgte über den Einsatz von ALT-Pedometern, entwickelt und hergestellt durch das Ingenieurbüro Holz in Falkenhagen. Diese waren bei jedem Tier am Fesselgelenk des linken Vorderbeines befestigt. Welche Kuh, zu welcher Zeit, welches Pedometer erhielt, wurde schriftlich festgehalten. Mit Hilfe eines PCs, der mobilen Antenne sowie der bereitgestellten Software konnten die Pedometer uhrzeitgenau gestartet werden. Die Startzeit wurde ebenfalls notiert. Der analoge Piezosensor mit Schwellwertschalter erfasste die Schrittaktivität/ Schrittzahl durch das Zählen von Beinbewegungen. Die Ursprungsdaten konnten ohne weitere Bearbeitung zur Analyse verwendet werden. Über zwei weitere digitale Lagesensoren im Pedometer wurde bestimmt, ob das Tier liegt und wenn ja, in welcher Position. Zu unterscheiden war die Seitenlage sowie die Brustbeinlage. Abgespeichert wurden die Informationen an vier unterschiedlichen Speicherorten. Speicherort 1 beinhaltete ausschließlich die Schrittaktivität. In Speicherort 2 wurde die Anzahl der Zeiteinheiten für die Seitenlage (I1) und in Speicherort 3, die Anzahl der Zeiteinheiten für die Brustbeinlage (I2) abgespeichert. Die Liegezeiten in den unterschiedlichen Positionen ergaben sich aus der Verrechnung der gezählten Zeiteinheiten. Eine Zeiteinheit entsprach 15 Sekunden, so dass bei einer liegenden Kuh vier Zeiteinheiten pro Minute durch das Pedometer gezählt und gespeichert wurden. Bei einer Liegezeit von beispielsweise 25 Minuten in der Brustbeinlage würde das Pedometer $4 \times 25 = 100$ Zeiteinheiten zählen. Die 100 Zeiteinheiten finden sich für das Beispiel Brustbeinlage im Speicherort 2 (I2) wieder und mussten in Minuten umgerechnet werden. Die Umrechnung in Minuten gemäß dem Beispiel lautet wie folgt:

$(100 \text{ Zeiteinheiten} \times 15 \text{ Sekunden}) / 4 = 25 \text{ Minuten.}$

Die Liegezeiten für die Seitenlage wurden auf die gleiche Weise ermittelt. Der Mikroprozessor erlaubte die Konfiguration eines Messintervalls von 1-99 Minuten. Im Versuchszeitraum wurden alle Pedometer auf ein 5min-Messintervall eingestellt, so dass die Summe der Beinbewegungen sowie die Summe der Zeiteinheiten für die Liegepositionen in 5min- Zeitabständen abgespeichert wurden. Ein weiterer Speicherort enthielt die Daten zur Umgebungstemperatur. Diese fand in den Untersuchungen allerdings keine Berücksichtigung.

Tabelle 16: Datenerfassungssystem der ALT-Pedometer dargestellt an einem Beispiel

Datum/Uhrzeit	Schrittaktivität (Steps)	Seitenlage (I1) in Zeiteinheiten	Brustbeinlage (I2) in Zeiteinheiten
21.03.03 15:05	97	0	0
21.03.03 15:10	46	0	10
21.03.03 15:15	0	0	20
21.03.03 15:20	1	0	20

Quelle: Eigene Darstellung

Die Einstellung des Messintervalls ermöglichte eine uhrzeitbezogene und zugleich zeitlich flexible Analyse der Daten. Ebenfalls durch das Messintervall bedingt, ergab sich in 24 Stunden eine Datenmenge von 288 Werten je Speicherort und Tier. Um einem eventuellen Datenverlust aufgrund fehlender Speicherkapazitäten vorzubeugen, wurden die Pedometer in der Regel einmal täglich mit Hilfe eines Laptops und einer mobilen Antenne ausgelesen und die Daten separat gespeichert.

Die Bewegungsaktivität konnte für 20 Geburten und 10 Brunstereignisse erfasst werden.

4.4.2 Statistische Analyse der Bewegungsaktivität

Die statistische Analyse des Gesamtparameters Bewegungsaktivität umfasst die Variablen Schrittaktivität (Schritimpulse), Seitenlage (SL) und Brustbeinlage (BL). Der auszuwertende Zeitraum wurde für alle Geburtseignisse auf 5 Tage ante partum (ap) bis 3 Tage post partum (pp) festgelegt, so dass sich folgende Zeitachse ergibt.

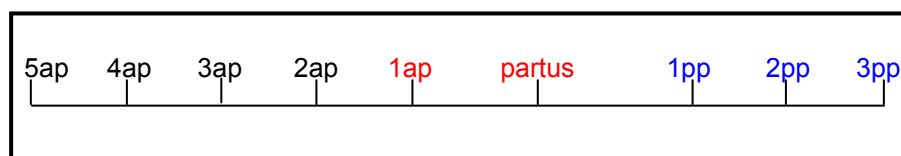


Abbildung 8: Einteilung Zeitachse für den Parameter Bewegungsaktivität im geburtsnahen Zeitraum

In der weiteren Datenauswertung wurden mehrere Tage in Zeiträume zusammengefasst. Die Einteilung der Zeiträume erfolgte in die Zeit ante partum (5ap-2ap), die Zeit des partus (1ap, partus) und die Zeit post partum (1pp-3pp). Da der Tag vor der Geburt des Kalbes sehr häufig von dem eintretenden Ereignis beeinflusst ist, ging dieser in die Zeit des partus mit ein.

Das Verhalten der Mutterkühe in den ersten Tagen post partum differenziert sich deutlich von dem Verhalten ante partum. Deshalb sind diese Zeiträume ebenfalls getrennt analysiert worden. Zusätzlich erfolgte für jeden Tag eine Einteilung in gleiche Tageszeitabschnitte.

Tabelle 17: Einteilung der Tageszeitabschnitte

0-24 Uhr					
0-12 Uhr			12-24 Uhr		
0-8 Uhr		8-16 Uhr		16-24 Uhr	
0-4 Uhr	4-8 Uhr	8-12 Uhr	12-16 Uhr	16-20 Uhr	20-24 Uhr

In Vorbereitung der Auswertung fand eine Aufsummierung der ermittelten Daten aus den 5min-Zeitintervallen jeweils für die einzelnen Tageszeitabschnitte statt.

Für die Auswertung der Brunstereignisse gestaltet sich die Zeitachse in anderer Form.

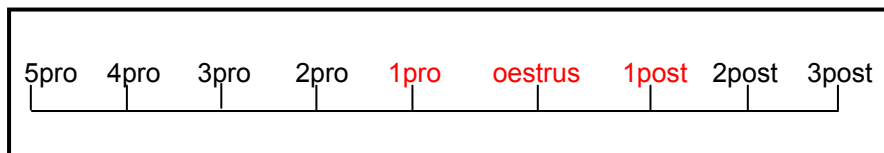


Abbildung 9: Einteilung Zeitachse für den Parameter Bewegungsaktivität im brunstnahen Zeitraum

Als oestrus wurde der Tag definiert, an dem die Mutterkuh den Aufsprung des Bullen duldete (Hauptbrunst). Da sich die Brunst bestehend aus Vorbrunst, Hauptbrunst sowie Nachbrunst auf mehr als 50 Stunden ausdehnen kann, gelten sowohl der Tag vor als auch der Tag nach dem oestrus als brunstbeeinflusste (bb) Zeit. Sie gehen, als solche zusammengefasst, in die Auswertung als ein Zeitraum ein. Der zweite Zeitraum setzt sich aus 5-2 Tage (5pro-2pro oestrus) vor oestrus sowie 2-3 Tage (2post-3post oestrus) nach oestrus zusammen und repräsentiert die brunstunbeeinflusste (bub) Zeit. Die Abkürzung „pro“ wird hier explizit den Tagen vor dem als oestrus definierten Tag und die Abkürzung „post“ den Tagen danach zugewiesen.

Die statistische Analyse wurde mit Hilfe von EXCEL 2000, SPSS 10.0 und für die Zeitreihenanalyse mit dem vom Institut für Zoo- und Wildtierforschung zur Verfügung gestellten Programm zeit51 vollzogen.

Tabelle 18: Angewandte statistische Methoden und die dazu verwendeten PC-Programme

Statistische Methode	Programm
Deskriptive Statistik mit MW, STABW, MIN, MAX	EXCEL, SPSS®
Test auf Normalverteilung nach Kolmogorov-Smirnoff	SPSS®
Mittelwertvergleich mit Mann-Whitney-Test (U-Test)	SPSS®
Korrelationen nach Spearman	SPSS®
Zeitreihenanalyse mit Fourieranalyse	Zeit51
Zeitreihenanalyse mit Lowessfunktion	SPSS®

Da schiefe Verteilungen bzw. Inhomogenitäten der Varianzen auftraten, kam der nichtparametrische Test nach Mann-Whitney für die **Mittelwertvergleiche** zum Einsatz (SAURWEIN, HÖNEKOPP 1992). Um die Vergleichbarkeit der Werte zu garantieren wurde auch im Fall normalverteilter Daten und einer Homogenität der Varianzen auf eine ANOVA verzichtet und der Mann-Whitney-Test durchgeführt.

Berechnete Signifikanzen werden folgendermaßen angegeben:

- * $p \leq 0,05$ (geringe Signifikanz)
- ** $p \leq 0,01$ (mittlere Signifikanz)
- *** $p \leq 0,001$ (hohe Signifikanz).

Die in diesen Auswertungen zur Anwendung gekommene **Fourieranalyse** ist im Rahmen der Zeitreihenanalyse eine angepasste Variante, die auf den biologischen Rhythmus von Individuen innerhalb einer 24 Stunden Zeitperiodik abgestimmt ist. Dafür wurden die abgespeicherten Originaldaten der 5min-Zeitintervalle verwendet. Die Analysemethode machte es notwendig, die Zeitachse (siehe Abbildung 10) in kleinere sich überlappende Zeitabschnitte zu unterteilen.

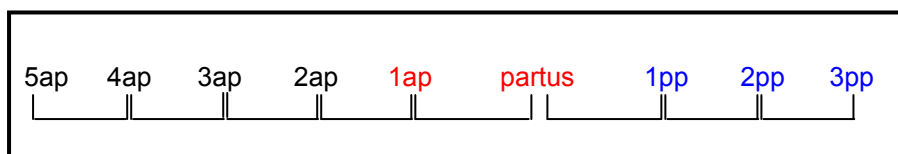


Abbildung 10: Einteilung der Zeitabschnitte für die Fourieranalyse des geburtsnahen Zeitraumes

In diesem Fall wurden jeweils 2 Tage zu einem Zeitabschnitt zusammengefasst, so dass 8 Abschnitte (im Fall der Geburt: 5ap-4ap; 4ap-3ap; 3ap-2ap; 2ap-1ap; 1ap-partus; partus-1pp; 1pp-2pp; 2pp-3pp) separat untersucht werden konnten.

Der Fourieranalyse war in jedem Fall die Anwendung der Autokorrelationsfunktion vorgeschaltet, um die Rauschkomponente zu reduzieren. Anschließend konnte von jedem eingeteilten Zeitabschnitt ein Periodogramm (Powerspektrum) erstellt werden. Die Periodogramm Ordinaten wurden auf statistische Signifikanz geprüft und bilden die signifikant periodischen Komponenten der originalen Datenreihe. Die signifikanten Perioden sind Grundlage für die Berechnung des leistungsbezogenen Kopplungsgrades (LKG) und des harmonischen Anteils (harm. Anteil). Der LKG beschreibt die Beziehung zwischen der absoluten Intensität der signifikant harmonischen Perioden zu der absoluten Intensität aller signifikanten Perioden. Harmonische Perioden sind in diesem Fall definiert als Perioden, die mit dem zirkadianen Zeitgeber (24h Rhythmus) synchronisierbar sind, z.B. 1h-, 2h-, 3h-Periode usw..

$$\text{LKG (\%)} = \text{SI (harm)} \cdot 100 / \text{SI (total)}$$

Der LKG gibt das Prozent der gesamten zyklischen Verhaltenskomponenten wieder, die mit der 24h Periodik als dem wichtigsten externen Rhythmusgeber synchronisieren.

Der Harmonische Anteil ist folgendermaßen definiert:

$$\text{Harm. Anteil (\%)} = 100 \cdot \text{SI (harm)} / \text{ST.}$$

In diesem Fall steht der harmonische Rhythmus in Beziehung zu dem gesamten Spektrum des Periodogramms. ST beinhaltet alle Komponenten des Periodogramms, gibt also die totale Spektraldichte wieder, während der Harmonische Anteil die Beziehung zwischen den harmonischen Komponenten und dem Rauschniveau des gesamten Spektrums ausdrückt (BERGER ET AL. 2003).

Die **Scatterplot Glättung** mit Hilfe der **Lowessfunktion** ist eine gewichtete Glättungsfunktion zur Bestimmung eines Trends in der vorhandenen Zeitreihe. Mit der Anwendung der Lowessfunktion wird ein Trend aus einem zweidimensionalen Scatterplot (Streudiagramm) herausgearbeitet, wenn beispielsweise eine große Anzahl von Originaldaten einen leicht erkennbaren Verlauf nicht zulassen würden. Die Ermittlung und Darstellung der Kurve im Plot basiert auf den Originaldaten der 5min-Zeitintervalle im Zeitraum 5ap–3pp für den geburtsnahen Zeitraum bzw. 5pro–3post oestrus für den brunstnahen Zeitraum. Die Entscheidung wie viele Nachbarn zur Glättung eines Wertes in die Berechnung mit einfließen, ist abhängig von der gewünschten Information und der Anzahl aller Werte. Dafür gibt es keine Regel außer, dass die Angabe zwischen 1% und 100% liegen muss. Deshalb wurden Beispielplots erstellt, für 10%, 5% und 1% der Werte, welche zur Berechnung hinzugezogen wurden. Die Anzahl der Iterationen lag grundsätzlich bei 3.

Die Berechnung der **Korrelationen** bei logisch miteinander verknüpften Variablen (ST-BL; ST-SL; SL-BL) erfolgte mit Hilfe des Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman (r_s), da er wesentlich weniger von Ausreißern und Extremwerten beeinflusst wird, als es z.B. beim Pearson Korrelationskoeffizient der Fall ist (SAURWEIN, HÖNEKOPP 1992).

4.4.3 Erfassung der Flächennutzung

Vorraussetzung für die Bestimmung der Flächennutzung war die Vermessung der Weideflächen in Blumberg (Abbildung 4) und im Landwirtschaftsbetrieb (Abbildung 5). Dies geschah mit einem transportablen GPS-Gerät (GPSHAND Version 2.2). Im Anschluss mussten auf beiden Weideflächen geeignete Beobachtungsstandorte ausgewählt und deren Koordinaten ebenfalls mit GPS bestimmt werden. Nach Erfüllung dieser Voraussetzungen erfolgte die Erfassung der Flächennutzung mit Hilfe eines Fernglases vom Typ LEICA GEOVID 7*42 BDA (Messgenauigkeit auf dem Datenblatt: ± 1 m; $\pm 0,5^\circ$) mit elektronischer Azimuth-Distanz-Messfunktion. Daraus resultierte eine genaue Standortbestimmung jeder anvisierten Mutterkuh.

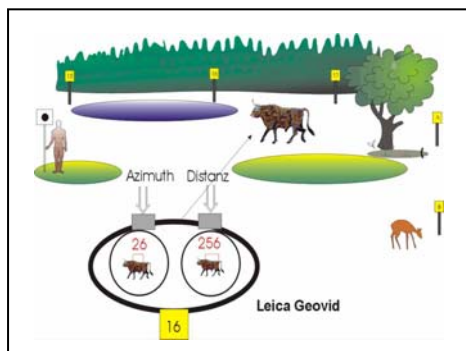


Abbildung 11: Ermittlung der Flächennutzung

Die Erfassung der Distanz- und Winkelwerte wurde im Beobachtungszeitraum jeweils zur halben und zur vollen Stunde vorgenommen und die Werte protokolliert. Für die Nutzung des Fernglases war ausreichendes Tageslicht eine grundlegende Bedingung. Mit Beginn der Dämmerung oder bei Auftreten von Nebel konnten die Messungen nicht fortgesetzt werden. Für die weitere Verwendung der Distanz- und Winkelangaben wurde die GIS - Software ArcView 3.3 (ESRI) eingesetzt. Es erfolgte die Berechnung der halbstündlichen Standorte über die Verbindung der Distanz- und Winkelangaben mit den Koordinaten des Beobachtungsstandortes. Die Berechnungen wurden für jedes Tier separat vorgenommen. Nach Bestimmung der Einzeltierstandorte schloss sich die Bildung von Minimum Convex Polygonen für jede Mutterkuh an. Ein Minimum Convex Polygon beschreibt die Fläche innerhalb der äußeren Standorte, als die durch das Tier genutzte Fläche in m^2 . Die Anzahl der einbezogenen Standorte ergab sich aus der Menge der halbstündlichen Messungen. Aus der Beobachtungsdauer von mindestens 10 Stunden je Tier und Tag gingen in der Regel 22 Messwerte für den gesamten Tag hervor. Aus Bewertungsgründen ergab sich eine zusätzliche Unterteilung des Gesamtzeitraumes in Vormittag und den Nachmittag. Je Tier und Tag wurden dementsprechend Minimum Convex Polygone für den Vormittag, den Nachmittag und die tägliche Messzeit gesamt (tägl. Messzeit ges.) errechnet. Außer bei den Korrelationsberechnungen bezieht sich die Flächennutzungsanalyse auf 8 Geburts- und 10 Brunstereignisse.

Für die Reduzierung der in die Auswertung einfließenden Geburten von 20 auf 8 Ereignisse gibt es im Wesentlichen zwei Gründe:

1. Die Flächennutzung im Untersuchungszeitraum 13.11.02 – 22.03.03 beschränkte sich aufgrund der klimatischen Verhältnisse und der Fütterung größtenteils auf den Stall und den Vorhof, was einer sehr geringen Flächennutzung entspricht. Demzufolge war die Veränderung des Flächennutzungsverhaltens im Sinne einer Reduzierung der genutzten Fläche aufgrund einer Abkalbung nicht nachzuvollziehen.
2. Für die Erfassung der Daten musste ausreichend Tageslicht zur Verfügung stehen. Da die Annahme bestand, dass sich die Flächennutzung durch die Mutterkuh erst nach der Abkalbung reduziert, entfielen alle Geburten, die kurz vor Einbruch der Dämmerung oder in den weiteren Abendstunden geschahen, da die Aufnahme der Messwerte nicht mehr möglich und der Abstand zur nächsten morgendlichen Messung zu groß war. Abkalbungen aus den frühen Morgenstunden (2-6 Uhr) wurden hingegen miteinbezogen, da anzunehmen war, dass die Reduzierung der Flächennutzung bis in den Vormittag anhält.

4.4.4 Statistische Analyse der Flächennutzung

Der auszuwertende Zeitraum wird für alle Geburtsergebnisse bei der Flächennutzung genauso angesetzt wie beim Parameter Bewegungsaktivität. Ebenso verhält es sich mit der Brunst. Für beide Ereignisse sind für die Flächennutzung andere Tageszeitabschnitte gewählt worden.

1. Tageszeitabschnitt von 5 Uhr/ 7 Uhr bis 12 Uhr (am Vormittag)
2. Tageszeitabschnitt von 13 Uhr/ 14 Uhr bis 17 Uhr/ 18 Uhr/ 21 Uhr (am Nachmittag)
3. Tageszeitabschnitt 5 Uhr/ 7 Uhr bis 17 Uhr/ 18 Uhr/ 21 Uhr (tägl. Messzeit ges.)

Die unterschiedlichen Anfangs- und Endzeiten resultieren hauptsächlich aus der jahreszeitlich bedingten Tageslichtverfügbarkeit.

Aufgrund der Annahme, dass die erwartete Einschränkung der Flächennutzung im Zusammenhang mit einer Abkalbung erst nach der Geburt des Kalbes einsetzt, umfasst der auszuwertende Gesamtzeitraum zwar ebenfalls 5 Tage ante partum (ap) bis 3 Tage post partum (pp), allerdings verändert sich die Einteilung der Teilzeiträume in die Zeit ante partum (5ap-1ap), die Zeit des partus (partus) und die Zeit post partum (1pp-3pp), so dass sich folgende Zeitachse ergibt.

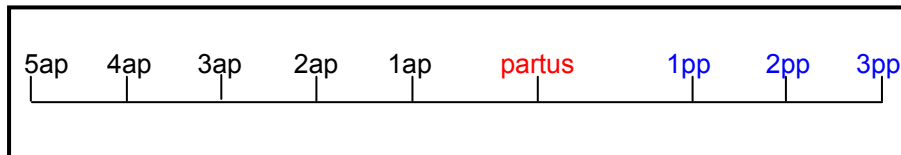


Abbildung 12: Einteilung Zeitachse für den Parameter Flächennutzung im geburtsnahen Zeitraum

In den weiteren Punkten unterliegt die statistische Analyse der Flächennutzung demselben Auswertungsschema wie bei der Bewegungsaktivität angewandt. Da im Vorfeld der Untersuchungen nicht abzusehen war, ob das Brunstgeschehen eine Auswirkung auf die Flächennutzung hat und wenn ja, in welchem Ausmaß, wurde die Einteilung der Zeiträume während der Brunst verglichen mit der Bewegungsaktivität nicht verändert.

Die statistische Auswertung der Flächennutzungsdaten ist ähnlich der Bewegungsaktivität mit Ausnahme der Korrelationsberechnungen und Zeitreihenanalyse. Mit den Korrelationsberechnungen soll ermittelt werden, ob ein Zusammenhang zwischen Bewegungsaktivität und Flächennutzung existiert. Dafür wurden alle 20 Abkalbungen und 10 Brunstereignisse einbezogen und die Schrittaktivität, Seitenlage und Brustbeinlage den Convex Polygonen aus der Flächennutzung gegenübergestellt.

Da pro Tag und Polygon (am Vormittag, am Nachmittag, in der tägl. Messzeit ges.) nur ein Wert in die Auswertung einging, wurde auf die Zeitreihenanalyse verzichtet.

4.4.5 Erfassung der Wasseraufnahme

Für die tierindividuelle Analyse der Wasseraufnahme war die Nutzung einer Einzeltiertränke notwendig. Die Art der Konstruktion und Positionierung im Stall stellte sicher, dass jeweils nur ein Tier Zugang zur Tränke hatte. Die Identifikation der Kühe erfolgte über einen Halsrescounter. Die automatische Erfassung und Speicherung der Daten sicherte ein Computer. Die Fliessgeschwindigkeit der Tränke betrug 5 l/ min. In Untersuchungen von MAHLKOW-NERGE (2004) wurde eine durchschnittliche Wasseraufnahme von 5 l/ min ermittelt. Somit konnten die physiologischen Ansprüche der Kühe durch die Tränke sichergestellt werden. Zu keinem Zeitpunkt der Untersuchungen wurde das Tier-Tränke-Verhältnis von maximal 15:1 überschritten. Das Verhältnis entspricht Empfehlungen von LOOPER und WALDNER (2002) nachdem für 15 bis 20 Kühe eine Tränkeeinrichtung zur Verfügung stehen sollte.



Abbildung 13: Einzeltiertränke in Blumberg

Zur Auswertung standen je Tier das Datum, die Uhrzeit, die Anzahl der Anmeldungskontakte (Tränkekontakte) und die aufgenommene Wassermenge in Liter zur Verfügung. Aus Datum, Uhrzeit und Anmeldungskontakten ergab sich die Besuchsfrequenz (Tränkebesuche) je Tier und Tag. Alle Anmeldungskontakte innerhalb von 15 Minuten wurden als ein Tränkebesuch gewertet. Die Erfassungsgenauigkeit des Systems betrug 0,5 l.

Für die Analyse standen 18 Abkalbungen und 10 Brunstereignisse zur Verfügung.

4.4.6 Statistische Analyse der Wasseraufnahme

Der Gesamtparameter Wasseraufnahme ist innerhalb der Auswertung in die Variablen Tränkebesuche des Tieres (BES), Tränkekontakte (KON) und aufgenommene Wassermenge (MEN) gegliedert. Diese wurden einzeln statistisch betrachtet. Der auszuwertende Zeitraum beläuft sich für die Geburten auf 14 Tage ante partum (ap) bis 14 Tage post partum (pp) mit folgender Zeitachse.

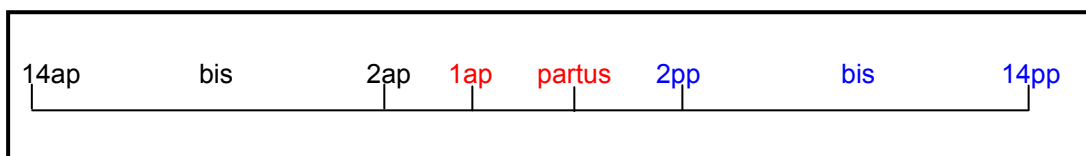


Abbildung 14: Einteilung Zeitachse für den Parameter Wasseraufnahme im geburtsnahen Zeitraum

Die Zusammenfassung der Zeiträume ergibt demnach

14 Tage a. p. bis 2 Tage a. p., 1 Tag a. p. bis partus und 1 Tag p. p. bis 14 Tage p. p.. Die eingeteilten Tageszeitabschnitte sind gleich denen in der Analyse zur Bewegungsaktivität.

Für die Brunst wurde die Zeitachse ebenfalls auf 14 Tage pro bis 14 Tage post oestrus ausgedehnt, so dass die Zeiträume in 14 Tage pro bis 2 Tage pro oestrus, 1 Tag pro oestrus, oestrus, 1 Tag post oestrus und 2 Tage post bis 14 Tage post oestrus gegliedert sind.

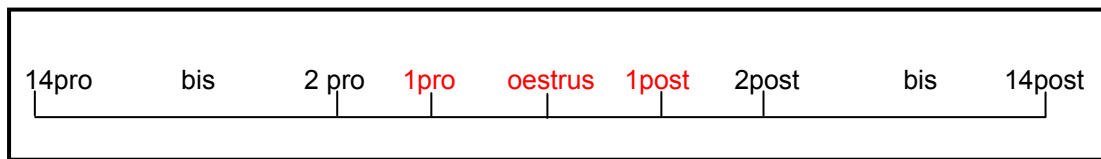


Abbildung 15: Einteilung Zeitachse für den Parameter Wasseraufnahme im brunstnahen Zeitraum

Bis auf die Erweiterung des auszuwertenden Zeitraumes ist die statistische Analyse des Parameters Wasseraufnahme grundsätzlich wie bereits beim Parameter Bewegungsaktivität beschrieben. Die Datengrundlage für die Zeitreihenanalyse bilden stündlich ermittelte Werte, so dass pro Tag und Tier 24 Werte jeweils für Besuche, Kontakte und Wassermenge in die Auswertung eingehen.

4.5 Zusammenfassung der statistischen Methoden

Einen zusammenfassenden Überblick über die statistischen Maßnahmen bezüglich aller Parameter befindet sich in Tabelle 19.

Tabelle 19: Zusammenfassung der statistischen Maßnahmen innerhalb der Parameter

Statistik	Bewegungsaktivität			Flächennutzung	Wasseraufnahme		
	ST	SL	BL	Convex Polygone	BES	KON	MEN
Deskriptive Statistik	+	+	+	+	+	+	+
Test auf Normalverteilung	+	+	+	+	+	+	+
Mittelwertvergleich	+	+	+	+	+	+	+
Korrelationen	+	+	+	+	+	+	+
Lowessfunktion	+	-	+	-	+	+	+
Fourieranalyse	+	+	+	-	+	-	-

+ durchgeführt - nicht durchgeführt

4.6 Tierbeobachtungen in den Untersuchungszeiträumen

Da die Erfassung der Flächennutzung die Anwesenheit einer Person erforderte, wurden parallel zur sensorgestützten Datenerfassung kontinuierlich Tierbeobachtungen durchgeführt. Sie dienten in erster Linie der genauen zeitlichen Erfassung der Abkalbungen und Brunstereignisse sowie dem Kenntniserwerb über Herdenstruktur, Rangordnung und tierindividuelle Unterschiede innerhalb der Herde. Die minimal aufgewandte Zeit lag bei täglich 10 Stunden im Versuchszeitraum und orientierte sich an den Lichtverhältnissen der jeweiligen Jahreszeit. Insgesamt umfassten die Tierbeobachtungen 1.860 Stunden.

5 Ergebnisse zum geburtsnahen Zeitraum

5.1 Abkalbungsergebnisse

Insgesamt flossen 21 Abkalbungen (Tabelle 20) in die Bestimmung der Ergebnisse zur Bewegungsaktivität, Flächennutzung und Wasseraufnahme ein. Aufgrund technischer Gegebenheiten gestaltet sich die Anzahl und Auswahl der ausgewerteten Geburten bei den einzelnen Parametern unterschiedlich. Dieser Aspekt wird in der Ergebnisdarstellung der einzelnen Parameter näher erläutert.

Tabelle 20: Überblick über die Abkalbungen und deren Verlauf

Kuh Nr.	Kalbungsdatum	Uhrzeit	Verlauf
1	30.07.02	01-04 Uhr	Normalgeburt
4	28.07.02	01-04 Uhr	Normalgeburt
7	29.07.02	15:13 Uhr	Normalgeburt
6	24.11.02	12:15 Uhr	Schweregeburt, Kalb lebend geboren
7	08.11.02	01-04 Uhr	Normalgeburt
13	20.11.02	08:40 Uhr*	Schweregeburt, Kalb tot geboren
18	25.12.02	13:00 Uhr	Normalgeburt
20	12.01.03	02-05 Uhr	Normalgeburt
23	14.03.03	07:15 Uhr**	Schweregeburt, Kalb tot geboren
25	24.11.02	11:30 Uhr	Schweregeburt, Kalb lebend geboren
28	12.03.03	17:45 Uhr	Schweregeburt, Kalb tot geboren
34	18.03.03	01-04 Uhr	Normalgeburt
6	15.09.04	20:27 Uhr	Normalgeburt
13	28.03.04	16:34 Uhr	Normalgeburt
18	29.03.04	17:00 Uhr	Normalgeburt
20	12.06.04	14:51 Uhr	Normalgeburt
34	04.04.04	03:12 Uhr	Normalgeburt
43	31.03.04	09:32 Uhr	Normalgeburt
111	02.04.04	12:12 Uhr	Normalgeburt
222	15.04.04	05-06:30 Uhr	Normalgeburt
333	20.04.04	17:43 Uhr	Normalgeburt

* Beginn der Kalbung mit hoher Wahrscheinlichkeit in den frühen Morgenstunden

** Beginn der Kalbung bereits in den Abendstunden des Vortages

Die Bezeichnung der Tiere im Verlauf der Ausführungen setzt sich aus der Kuhnummer und dem Tag der Abkalbung zusammen (z. B. 1 300702).

5.2 Ergebnisse Parameter Bewegungsaktivität

Der Parameter Bewegungsaktivität definiert sich über die Schritttaktivität (ST) und die Liegezeit. Diese unterteilt sich wiederum in Zeit in Seitenlage (SL) und Zeit in Brustbeinlage (BL). Grundsätzlich wird erwartet, dass die zu beobachtenden Verhaltensänderungen von Mutterkühen, die mit einer Abkalbung einhergehen, technisch messbar sind. Nach den aktuellen Erkenntnissen ist davon auszugehen, dass eine Abkalbung mit einer Erhöhung der gezählten Schrittpulse und einer Verringerung der allgemeinen Liegezeit verbunden ist. In den folgenden Ausführungen sind die Auswirkungen des Ereignisses Abkalbung auf die Bewegungsaktivität dargestellt. Die Anwendung verschiedener statistischer Ansätze bietet die Möglichkeit, die Aussagequalität der Daten auf verschiedene Weise zu prüfen.

Die Basis der Ergebnisse bilden 20 Abkalbungen. Da die Abkalbung von Kuh 7 am 08.11.02 noch vor dem Messbeginn der Bewegungsaktivität stattfand, hat sie in diesem Fall keine Relevanz. Des Weiteren endet die Messreihe von Kuh 18 mit der Abkalbung am 25.12.02 (3. Tag p. p.) aus technischen Gründen bereits um 17 Uhr statt um 24 Uhr.

5.2.1 Schritttaktivität im Gruppenmittel der 20 Abkalbungen in der Zeit 5ap-3pp

Die durchschnittliche Anzahl der Schrittpulse (Schritttaktivität) des gesamten Tages (0-24h) gestaltet sich im untersuchten Zeitraum sichtbar differenziert (Abbildung 16). Bis zum 2. Tag a. p. gibt es im Gruppenmittel im Tageszeitabschnitt 0-24 Uhr kaum Veränderungen. Der Mittelwert liegt zwischen 10.721 und 11.201 Schrittpulsen. Ein deutlicher Anstieg vollzieht sich am Tag vor der Kalbung (1ap). Hier steigt die Schritttanzahl auf 13.473 an. Am Abkalbungstag erhöht sich die Schritttanzahl nochmals auf 14.191, was im Vergleich zum maximalen Mittelwert der Tage 5ap-2ap eine Steigerung von 26,7% bedeutet. Am Tag nach der Abkalbung sinkt die Schritttanzahl wieder ab und erreicht am 3. Tag p. p. mit 10.717 das Niveau der Tage 5ap-2ap.

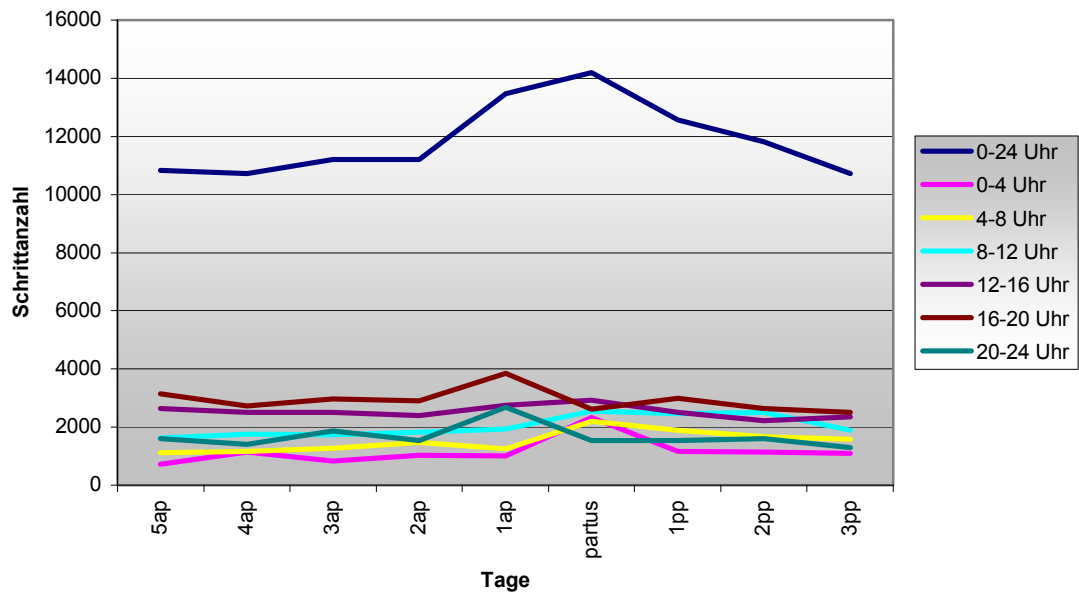


Abbildung 16: Gruppenmittel der Schrittaktivität von 20 Abkalbungen – Anteile der 4-Stunden Tageszeitabschnitte

In Abbildung 16 spiegelt sich das Verhältnis der Schrittaktivität in den 4-Stunden Tageszeitabschnitten untereinander und zum Tageszeitabschnitt 0-24 Uhr wider. Die Menge der gezählten Schrittpulse ist im abkalbungsunbeeinflussten Zeitraum (5ap-2ap) zwischen 0-4 Uhr am niedrigsten und liegt im Mittel zwischen 723 und 1.026. Am Abkalbungstag steigern sich die Schrittpulse um mehr als das Doppelte auf 2.334. Die höchste Schrittaktivität vor der Abkalbung wird generell in der Zeit von 16-20 Uhr erreicht und beläuft sich auf 2.719 bis 3.137 Schrittpulse. Eine deutliche Erhöhung dieses Niveaus konnte am Tag vor der Abkalbung (1ap) mit 3.848 Schrittpulsen registriert werden. Das entspricht einer Steigerung im Vergleich zum Maximum der anderen Messtage von 22,7%. Ähnlich der Entwicklung der Schrittaktivität für den Tageszeitabschnitt 0-24 Uhr, sinkt diese an den Tagen p. p. wieder ab.

Die Betrachtung der Mittelwerte erfordert immer einen Blick auf die Standardabweichung (s^2), um tierindividuelle Unterschiede zu erkennen. Analysiert man beispielsweise den Tageszeitabschnitt 0-24 Uhr, gelangt man zu dem Ergebnis, dass s^2 im Minimum 31,9% und im Maximum 53,3% vom Mittelwert beträgt. Die Standardabweichungen aus den 4-Stunden Tageszeitabschnitten liegen zwischen 41,4% und 138,3%. Beide Werte wurden im Tageszeitabschnitt 0-4 Uhr ermittelt.

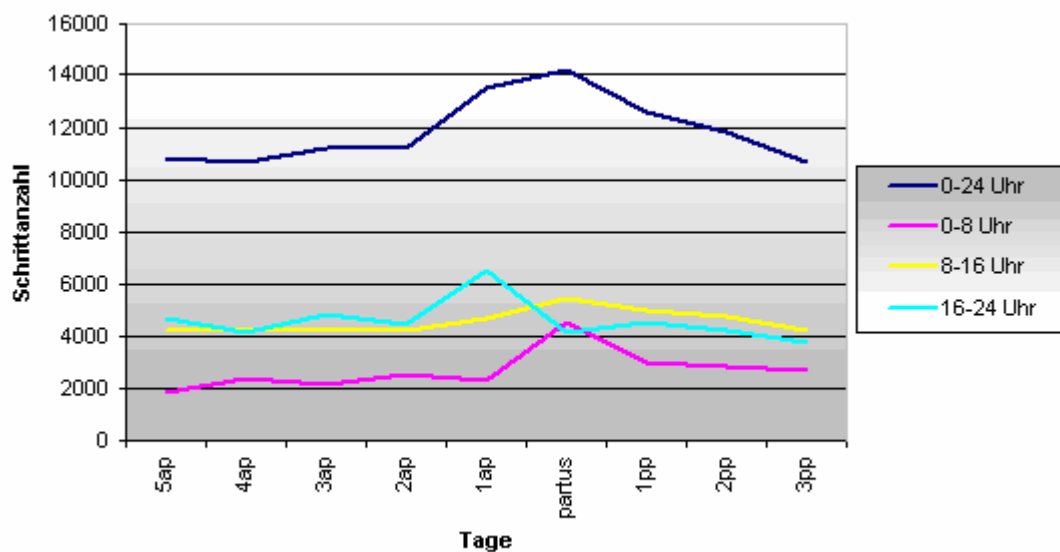


Abbildung 17: Gruppenmittel der Schrittaktivität von 20 Abkalbungen – Anteile der 8-Stunden Tageszeitabschnitte

Bei Einteilung der Zeit in 8-Stunden Tageszeitabschnitte ist zu erkennen, dass die Schrittaktivität zwischen 0-8 Uhr den geringsten Anteil an der Gesamtschrittaktivität eines Tages hat (Abbildung 17). Hier bewegt sich die Schrittaktivität vor der Abkalbung (5ap-2ap) zwischen 1.847 und 2.505 gezählten Schrittpulsen. Somit liegt der Anteil an der Schrittaktivität des gesamten Tages zwischen 17,0% und 22,4%. Ein sichtbarer Anstieg ist für diesen Tageszeitabschnitt am Abkalbungstag mit einer Verdoppelung der Schrittzahl auf durchschnittlich 4.533 zu verzeichnen. Der Anteil an der Gesamtschrittaktivität dieses Tages steigt ebenfalls auf 31,9%. Nach der Abkalbung sinkt die Schrittzahl wieder ab, verbleibt aber mit 2.669-3.064 Schritten auf einem etwas höheren Niveau im Vergleich zur Zeit 5ap-2ap. Die Schrittaktivität der Mutterkühe in den Tageszeitabschnitten 8-16 Uhr und 16-24 Uhr bewegt sich durchschnittlich im Bereich von 4.100 und 4.900 Schrittpulsen, wobei die Werte zwischen 16-24 Uhr leicht über denen von 8-16 Uhr liegen. Der Anteil beider Tageszeitabschnitte an der Gesamtschrittaktivität in 24 Stunden liegt vor der Abkalbung (5ap-2ap) zwischen 37,8% und 43,7%. Im Tageszeitabschnitt von 8-16 Uhr ist am Abkalbungstag eine Erhöhung auf 5.489 Schrittpulse zu verzeichnen, was einer Steigerung von 28,6% zum Maximalwert des Zeitraumes 5ap-2ap entspricht. Ein ebenfalls deutlicher Anstieg wird im Tageszeitabschnitt 16-24 Uhr am Tag vor der Abkalbung sichtbar. Hier beträgt die Erhöhung im Vergleich zum Maximalwert des Zeitraumes 5ap-2ap 34,5%. Nach der Abkalbung kommt es in beiden Tageszeitabschnitten wieder zu einer Absenkung der Schrittzahl. Dabei verbleibt die Anzahl der Schrittpulse zwischen 8-16 Uhr auf einem höheren Niveau als im Zeitraum 5ap-2ap.

Die Standardabweichung beträgt in allen 8-Stunden Tageszeitabschnitten 32,2-73,2%.

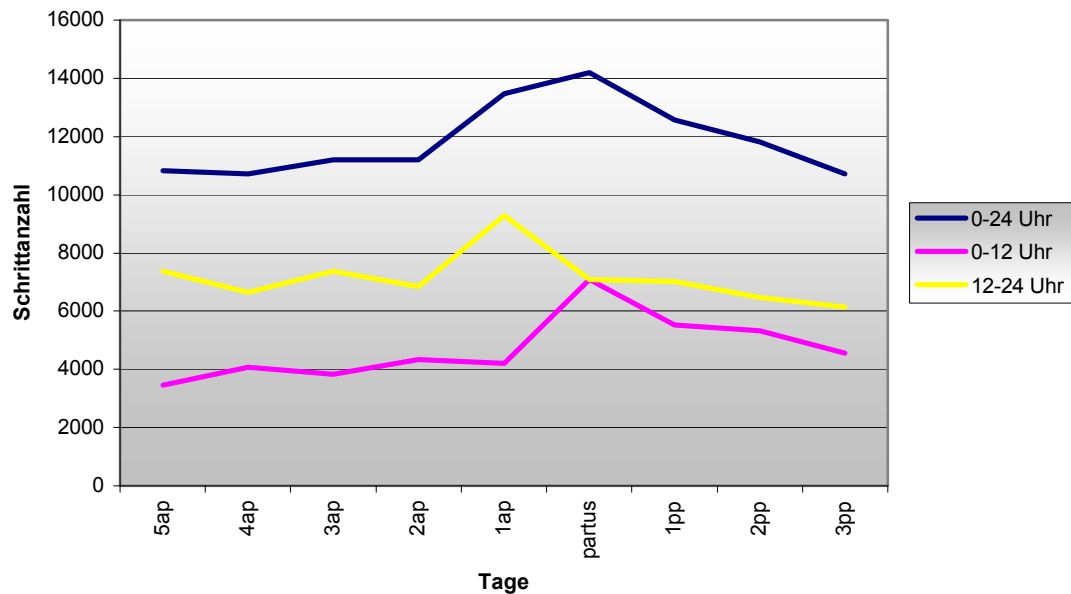


Abbildung 18: Gruppenmittel der Schrittkaktivität von 20 Abkalbungen – Anteile der 12-Stunden Tageszeitabschnitte

Die Auflösung des gesamten Tages in 2 Tageszeitabschnitte zeigt, dass die Schrittkaktivität in der ersten Tageshälfte im Allgemeinen wesentlich niedriger ist als in der zweiten Tageshälfte (Abbildung 18). Der Anteil zwischen 0-12 Uhr in der Zeit 5ap-2ap liegt zwischen 32,0% und 38,8%, während der Anteil zwischen 12-24 Uhr im gleichen Zeitraum zwischen 61,2% und 68,0% liegt. Offensichtlich ist auch die zeitversetzte Erhöhung der Schrittkaktivität beider Tageszeitabschnitte. Die durchschnittliche Schrittkaktivität im Tageszeitabschnitt 0-12 Uhr liegt am Abkalbungstag im Minimum um 2.752 Schrittkimpulse höher als im Zeitraum 5ap-2ap. Das entspricht einer Zunahme um 63,4%. Im Gegensatz dazu wird die höchste Schrittkanzahl im Tageszeitabschnitt 12-24 Uhr bereits am Tag 1ap erreicht. Die Steigerung umfasst 1.907 gezählte Schrittkimpulse und damit 25,9% verglichen mit dem Maximum der Vortage. Die Zeitversetzung der maximal erreichten Schrittkimpulse am Tag vor der Abkalbung und am Abkalbungstag sind auf die unterschiedlichen Abkalbungszeitpunkte zurückzuführen. Nach der Abkalbung ist auch in den grob aufgelösten Tageszeitabschnitten eine Verringerung der Schrittkanzahl zu beobachten. Ähnlich den 8-Stunden Tageszeitabschnitten ist bei den 12-Stunden Tageszeitabschnitten festzustellen, dass die Höhe der Schrittkanzahl zwischen 0-12 Uhr p. p. zurückgeht, aber deutlich über dem Niveau der Tage 5ap-2ap bleibt. In der Zeit von 12-24 Uhr hingegen bewegt sich die Schrittkaktivität p. p. in einem ähnlichen Bereich, tendenziell aber etwas niedriger als a. p. (1ap exklusive). Diese Entwicklung spiegelt sich ebenfalls in den jeweiligen Anteilen der Tageszeitabschnitte in der Schrittkaktivität des gesamten Tages wider. Am Abkalbungstag liegen beide Anteile bei genau 50%. In der Zeit 1pp-3pp liegt der Anteil 0-12 Uhr zwischen 42,6% und 45,1% und der Anteil 12-24 Uhr zwischen 54,9 und 57,4%.

Mit 33,6-65,2% ist die Standardabweichung der 12-Stunden Tageszeitabschnitte ähnlich hoch wie die der 8-Stunden Tageszeitabschnitte.

5.2.2 Mittelwertvergleich der Schrittaktivität ante partum, partus und post partum

Die Gegenüberstellung der einzelnen Zeiträume 5ap-2ap, 1ap-partus und 1pp-3pp bietet die Möglichkeit Verhaltensänderungen, die durch eine Abkalbung hervorgerufen werden können, auf signifikante Unterschiede zu prüfen. Aus den Darstellungen der Ergebnisse der Schrittaktivität im Gruppenmittel über die Zeitachse 5ap-3pp ist erkennbar, dass die Mutterkühe im Durchschnitt mit einem Anstieg der Schrittaktivität auf das Eintreten einer Geburt reagieren. Tabelle 21 kann man entnehmen, dass die Schrittaktivität auch p. p. in einigen Tageszeitabschnitten signifikant höher ist als a. p.. Abgebildet sind nur die Tageszeitintervalle in denen statistisch zu sichernde Unterschiede auftreten. Auffällig erscheint, dass ausschließlich in der ersten Tageshälfte signifikante Differenzen zwischen den Zeiträumen 5ap-2ap und 1pp-3pp festzustellen sind. In allen Fällen ist die Anzahl der gezählten Schritimpulse p. p. höher als a. p..

Tabelle 21: Vergleich der Schrittaktivität a. p. und p. p.

TAGESZEIT	ZEITRAUM	n	MW	STABW	MIN	MAX	SIGNIFIKANZ
0-12 Uhr	5ap-2ap	20	3927,7	2055,7	1562	13493	0,000***
	1pp-3pp	20	5129,1	2343,9	2015	14747	
0-8 Uhr	5ap-2ap	20	2192,4	1435,5	513	10312	0,000***
	1pp-3pp	20	2841,3	1152,9	969	6545	
0-4 Uhr	5ap-2ap	20	934,3	1028,3	119	7645	0,000***
	1pp-3pp	20	1135,6	568,8	196	3085	
4-8 Uhr	5ap-2ap	20	1258,1	878,3	177	4666	
	1pp-3pp	20	1705,7	880,9	295	5030	
8-12 Uhr	5ap-2ap	20	1735,3	969,7	468	4648	0,020*
	1pp-3pp	20	2287,8	1490,6	504	8202	

Die Erhöhungen der Schrittaktivität sind trotz der hohen Standardabweichungen zum Teil hoch signifikant. Dies ist mit Sicherheit auf den Aspekt zurückzuführen, dass die Zunahme in der ersten Tageshälfte sehr deutlich ausgeprägt ist, eine Zeit in der die Mutterkühe normalerweise deutlich ruhiger agieren. Da sich bereits beim Vergleich der Zeiträume a. p. und p. p. signifikante Unterschiede zeigen, ist zu erwarten, dass diese ebenfalls bei einer Gegenüberstellung der Zeiträume a. p. und partus auftreten. In Tabelle 22 sind die Tageszeitabschnitte mit statistisch zu sichernden Unterschieden dargestellt.

Ähnlich wie im vorangegangenen Vergleich sind ebenso im Zeitraum partus besonders in den Tageszeitabschnitten der ersten Tageshälfte erhöhte Werte in der Schrittaktivität nachzuweisen. Zusätzlich ist zwischen 0-24 Uhr ein signifikanter Unterschied zwischen den Zeiträumen a. p. und partus offensichtlich. Die Differenzen sind mittel bis hoch signifikant.

Tabelle 22: Vergleich der Schrittaktivität a. p. und partus

TAGESZEIT	ZEITRAUM	n	MW	STABW	MIN	MAX	SIGNIFIKANZ
0-24 Uhr	5ap-2ap	20	10988,4	4522,6	4733	26093	0,005**
	1ap-partus	20	13831,7	6315,6	6741	31272	
0-12 Uhr	5ap-2ap	20	3927,7	2055,7	1562	13493	0,002**
	1ap-partus	20	5643,9	3122,9	1853	12624	
0-8 Uhr	5ap-2ap	20	2192,4	1435,5	513	10312	0,001***
	1ap-partus	20	3400,2	1996,0	847	7575	
0-4 Uhr	5ap-2ap	20	934,3	1028,3	119	7645	0,000***
	1ap-partus	20	1676,5	1310,2	123	4613	
4-8 Uhr	5ap-2ap	20	1258,1	878,3	177	4666	0,008**
	1ap-partus	20	1723,7	1024,3	239	4129	

Die Gegenüberstellung der Zeiträume partus und p. p. zeigt bis auf 2 Ausnahmen (4-8 Uhr, 8-12 Uhr), dass die Schrittaktivität p. p. geringer ist als im Zeitraum des partus. Bis auf den Tageszeitabschnitt 12-24 Uhr, dargestellt in Tabelle 23, konnten allerdings keine statistisch zu sichernden Unterschiede festgestellt werden.

Tabelle 23: Vergleich der Schrittaktivität partus und p. p.

TAGESZEIT	ZEITRAUM	n	MW	STABW	MIN	MAX	SIGNIFIKANZ
12-24 Uhr	1ap-partus	20	8187,8	4676,3	1746	24337	0,029*
	1pp-3pp	19	6560,4	2954,7	2629	18608	

Bei einer vergleichenden Betrachtung der Zeiträume bezüglich der Schrittaktivität muss insgesamt festgestellt werden, dass mehr als $\frac{2}{3}$ der untersuchten Tageszeitabschnitte keinen statistisch zu sichernden Unterschied vorweisen. Signifikante Differenzen treten hauptsächlich beim Vergleich der Zeiträume a. p. und p. p. sowie a. p. und partus auf. Sie befinden sich zu über 80% in den Tageszeitabschnitten der ersten Tageshälfte.

5.2.3 Einzeltieranalyse der Schrittaktivität mit der Lowessfunktion

Die Beschreibung der Gruppenmittel, sowohl in der Zeitachse 5ap-3pp als auch der Vergleich der Zeiträume 5ap-2ap, 1ap-partus und 1pp-3pp, hat gezeigt, dass es bei Eintritt einer Abkalbung Anzeichen für Veränderungen in der Schrittaktivität gibt. Die genauere Betrachtung der Standardabweichung sollte aber gleichzeitig darauf hinweisen, wie groß die Streubreite und somit die Unterschiede zwischen den Einzeltieren sind. Deshalb erscheint es sinnvoll die Schrittaktivität der Mutterkühe im geburtsnahen Zeitraum mit Methoden der Zeitreihenanalyse tierindividuell zu prüfen.

Die folgenden Einzeltieranalysen mit der Lowessfunktion sollen zeigen, inwieweit sich der Trend in der Schrittaktivität ändern kann, wenn sich die Geburt eines Kalbes auf das Verhalten des Muttertieres auswirkt. Weil es keine Regeln gibt, welche Prozentzahl von Werten eine sinnvolle Nachbarschaftsgewichtung gewährleistet und nicht auf Erfahrungen zurückgegriffen werden kann, wird in den Abbildungen 19-21 näher darauf eingegangen. Da die neu berechneten Werte als Zahlen von SPSS 10.0 nicht zur Verfügung gestellt werden, ist nur eine visuelle Auswertung der Kurve möglich.

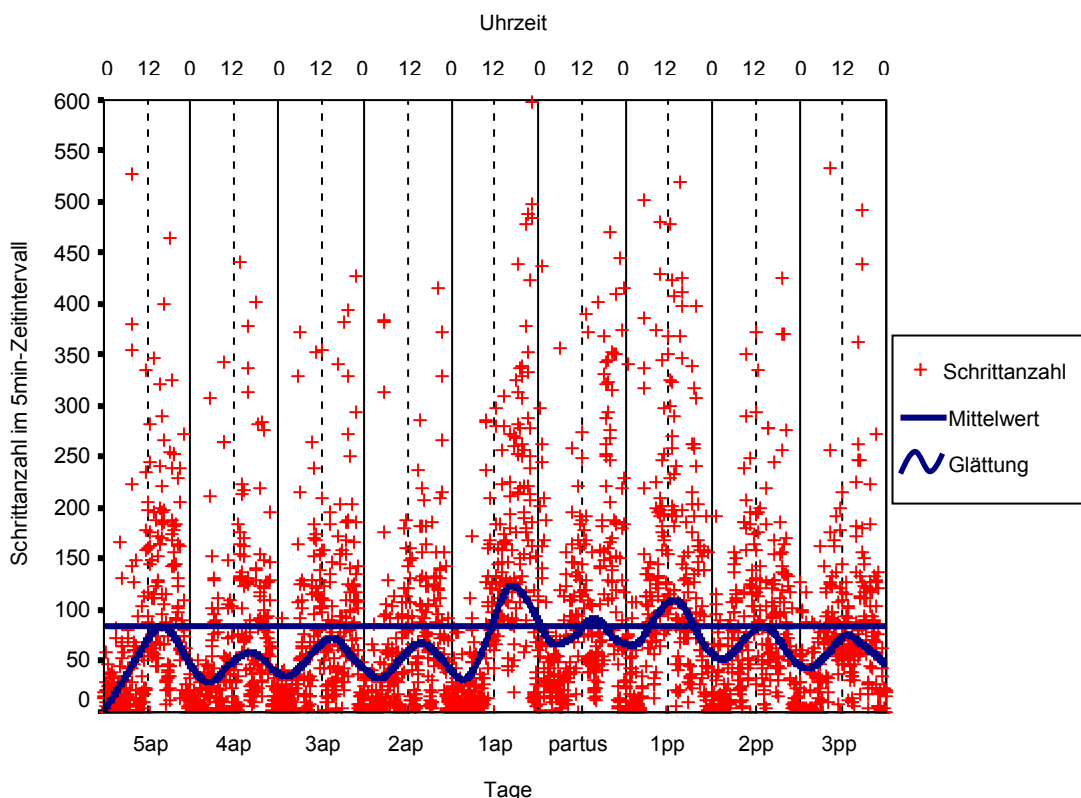


Abbildung 19: Schrittaktivität - Scatterplot der Kuh 4 280702 mit 10%iger Glättung

Abbildung 19 repräsentiert den Verlauf der Schrittaktivität von Kuh 4 280702 unter Anwendung der 10%igen Glättung. 10% bedeutet, dass dieser Anteil aller 2.592 Werte aus den 9 Untersuchungstagen zur Nachbarschaftsgewichtung, bei Neuschätzung eines Vorhersagewertes, einbezogen wird. Dabei handelt es sich um die 10%, die dem neu zu schätzenden Wert am nächsten liegen. Somit fließen 259 Werte aus 21,6 Stunden in die Nachbarschaftsgewichtung eines Wertes ein. Der Kurvenverlauf präsentiert sich noch sehr flach, dennoch ist der Trend zu einer erhöhten Schrittaktivität ab 12 Uhr einen Tag vor der Abkalbung (1ap) erkennbar. Dieser Trend hält bis einen Tag p. p. an, bevor die Schrittaktivität wieder absinkt.

Einen deutlicheren Kurvenverlauf zeigt Abbildung 20. Hier wurde die Anzahl der in die Nachbarschaftsgewichtung einfließenden Werte auf 5% reduziert. Dadurch werden zur Neuberechnung eines Vorhersagewertes 130 Werte aus 10,8 Stunden hinzugezogen. Die Folge ist eine differenziertere Trendkurve, mit einer Bestätigung der Tendenz aus Abbildung 19.

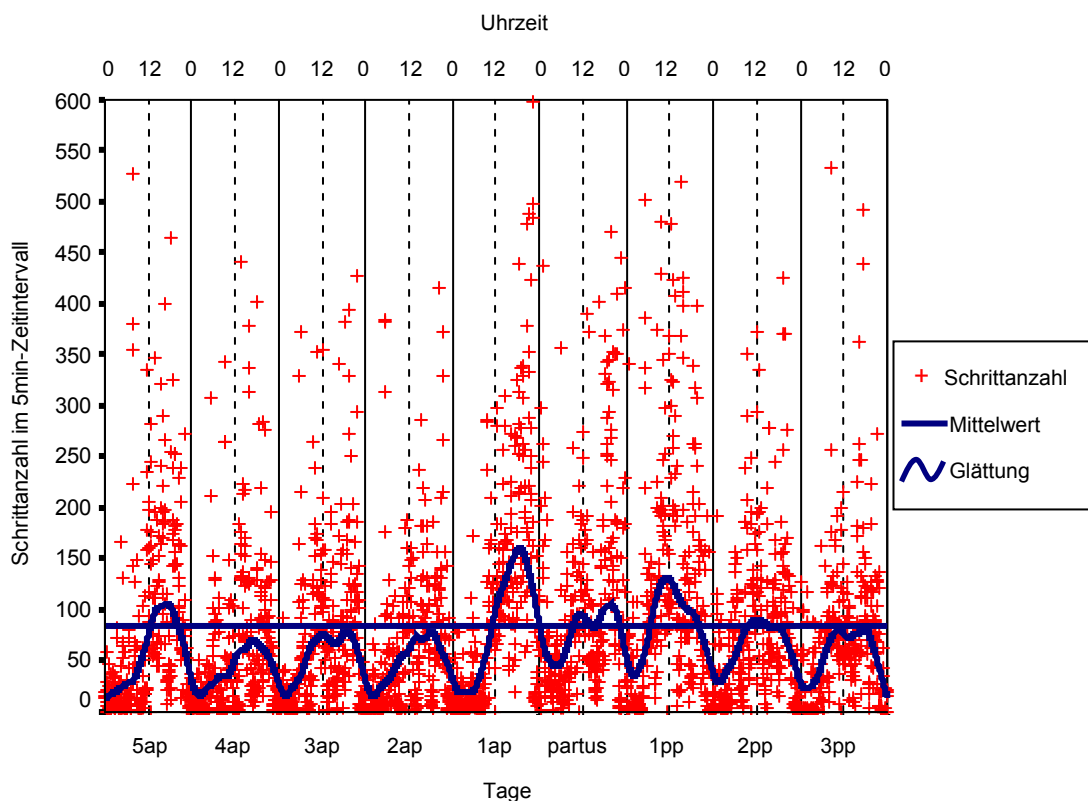


Abbildung 20: Schrittaktivität – Scatterplot der Kuh 4 280702 mit 5%iger Glättung

Bei einer rein visuellen Beurteilung der Lowesskurven stellt sich heraus, dass die 1%ige Glättung in Abbildung 21 das beste Ergebnis erzielt. So werden zur Glättung eines Wertes die nächsten 26 Werte aus 2,2 Stunden berücksichtigt. Die Verwendung der kleinstmöglichen Anzahl von Nachbarwerten ist auch deshalb vorteilhaft, weil sich die Kurve stärker am Rhythmus der Schrittaktivität im Tagesverlauf orientiert.

Der in Abbildung 21 dargestellte Trendverlauf wiederholt nochmals den bereits gewonnen Eindruck einer erhöhten Schrittaktivität ab der zweiten Tageshälfte des Tages 1ap. Bei genauerer Betrachtung kann man z. B. erkennen, dass die Lowesskurve zwischen ca. 11-23 Uhr am Tag vor der Abkalbung nicht mehr unter das Mittelwertniveau sinkt, was an den anderen Tagen nicht der Fall ist. Da die Kurvenverläufe der anderen Tiere bei 1%iger Glättung den ebenfalls besten visuellen Aussagewert aufweisen, beziehen sich alle weiteren Analysen auf diese Form der Glättung.

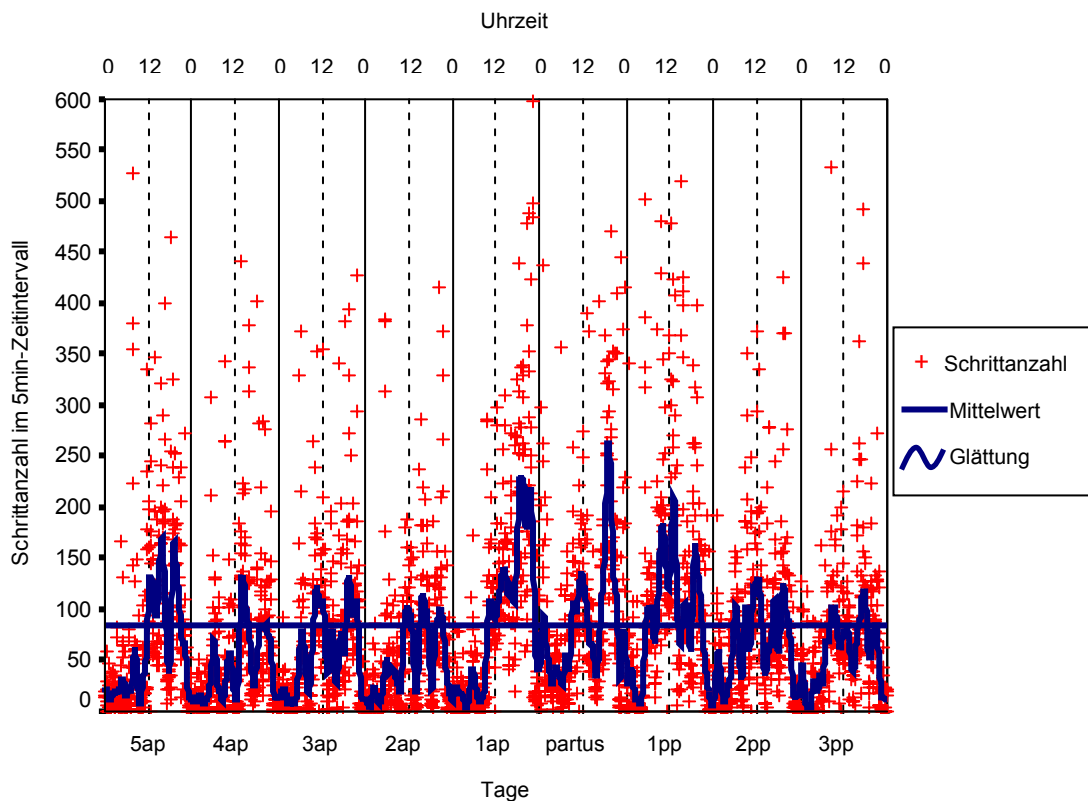


Abbildung 21: Schrittaktivität - Scatterplot der Kuh 4 280702 mit 1%iger Glättung

Die Erwartung, dass im unmittelbaren zeitlichen Zusammenhang mit der Abkalbung auch die Schrittaktivität im Vergleich zu den anderen Tagen ansteigt, erfüllt sich bei der Hälfte der untersuchten Geburten. So erreichen 6 Mutterkühe das Maximum der geglätteten Kurve am Abkalbungstag und weitere 4 Mutterkühe am Tag 1ap. In 8 dieser Fälle (4 280702, 7 290702, 6 241102, 13 201102, 18 251202, 20 120103, 34 180303, 333 200404) ist der Trend zu einer erhöhten Schrittaktivität im Zeitraum 1ap-partus sehr deutlich sichtbar. Bei den beiden anderen Tieren (34 040404, 222 150404) ist das Maximum nur gering ausgeprägt. Von den übrigen 10 Mutterkühen verteilen sich die Maxima auf 3 x 5ap, 1 x 4ap, 1 x 3ap, 2 x 2ap und 3 x 1pp. Auch wenn die Auswertung des zeitlichen Trends ergibt, dass die Schrittaktivität nicht immer ein Maximum am Abkalbungstag erreicht, weisen einige Tiere im Kurvenverlauf des abkalbungsnahen Zeitraumes ein über längere Zeit durchgängig höheres Schrittniveau auf, bzw. ändert sich der Trend im Vergleich zu den anderen Tagen. Dieser Aspekt ist z. B. bei Kuh 23 140303 gegeben.

Bereits am Tag 2ap steigt die Schrittaktivität an, wobei ein bestimmtes Niveau, wenn auch ohne deutliche Peaks erreicht wird und im Vergleich zu den anderen Tagen bis in die Morgenstunden des Abkalbungstages durchgängig erhalten bleibt. Das lässt darauf schließen, dass das Tier so gut wie keine Zeit im Liegen verbracht hat. P. p. wird dagegen das Maximum erreicht. Es treten beständig Peaks über dem Mittelwert auf, ohne ein durchgängig vorhandenes Schrittniveau. Aus den Ergebnissen ergibt sich innerhalb der gesamten Tiergruppe kein einheitlicher Trendverlauf der Schrittaktivität.

5.2.4 Einzeltieranalyse der Schrittaktivität mit der Fourieranalyse

Die Anwendung der Lowessfunktion ergab für einen Großteil der Geburtsergebnisse nicht das im optimalen Fall eintretende deutliche Maximum der Schrittaktivität im Zeitraum 1ap-partus. Das Geburtsergebnis kann sich dennoch messbar auf das Verhalten der Rinder auswirken. Diesen Nachweis ermöglicht die Fourieranalyse, welche im Gegensatz zur Trendbestimmung auf Erkennung von Störungen in der Tagesperiodik bzw. im Tagesrhythmus ausgerichtet ist.

Mit Hilfe einer angepassten Fourieranalyse wurde deshalb für jede Abkalbung der leistungsbezogene Kopplungsgrad (LKG) und der Harmonische Anteil (Harm. Anteil) jeweils in % berechnet.

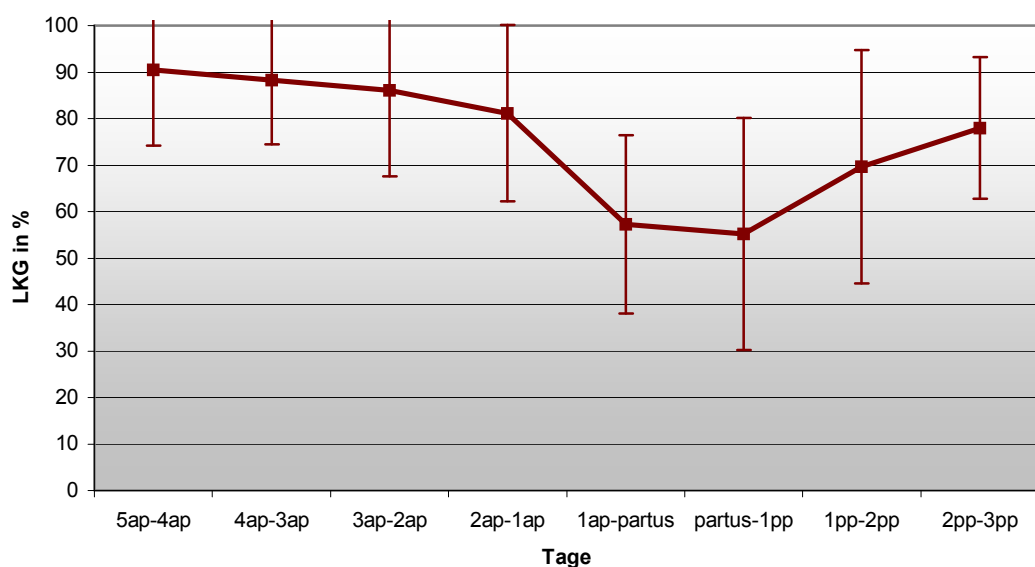


Abbildung 22: Schrittaktivität - LKG im Gruppenmittel der 20 Abkalbungen in der Zeit 5ap-3pp

Zu Beginn der Beschreibung fourieranalysierter Einzeltierzeitreihen, soll eine Mittelwertbetrachtung einen kurzen Überblick über die LKG der gesamten Tiergruppe geben.

In Abbildung 22 ist zu erkennen, dass die LKG im Gruppenmittel in den überlappenden Zeitabschnitten 5ap-4ap, 4ap-3ap, 3ap-2ap und 2ap-1ap zwischen 81,2% und 90,5% liegen. In den beiden Zeitabschnitten mit einer unmittelbaren Beteiligung des Abkalbungstages sinken die LKG auf 57,3% (1ap-partus) bzw. 55,2% (partus-1pp). In den darauffolgenden Zeitabschnitten mit den zusammengefassten Tagen 1pp-2pp und 2pp-3pp ist die Tendenz erneut steigend und der LKG erreicht 69,6%. Einen weiteren Tag versetzt werden bereits wieder 78,0% erreicht.

Auch hier gestaltet sich die Standardabweichung unterschiedlich. Während diese ohne Einfluss des Abkalbungstages zwischen 15,7-23,4% umfasst, bewegt sie sich in den Zeitabschnitten 1ap-partus und partus-1pp zwischen 33,4 und 45,3%. Daraus ist abzulesen, dass die Werte der einzelnen Tiere unter Einfluss der Abkalbung sichtbar mehr streuen als es zuvor der Fall war. In den letzten beiden Zeitabschnitten der Zeitreihe 1pp-2pp und 2pp-3pp sinkt s^2 auf 19,6%-36,0% wieder ab.

Jede Mutterkuh reagiert individuell auf die Geburt eines Kalbes. Diesen Aspekt werden die Abbildungen 23-25 näher veranschaulichen. In Abbildung 23 sind 10 Mutterkühe zusammengefasst, bei denen der LKG in den Zeitabschnitten 1ap-partus und partus-1pp 60% nicht überschritt. Dass dies die entscheidende Gemeinsamkeit aller Mutterkühe in der Darstellung ist, zeigt der ansonsten sehr unterschiedliche Verlauf der leistungsbezogenen Kopplungsgrade vor und nach der Abkalbung. Selbst innerhalb der LKG eines Tieres liegen große Schwankungen vor.

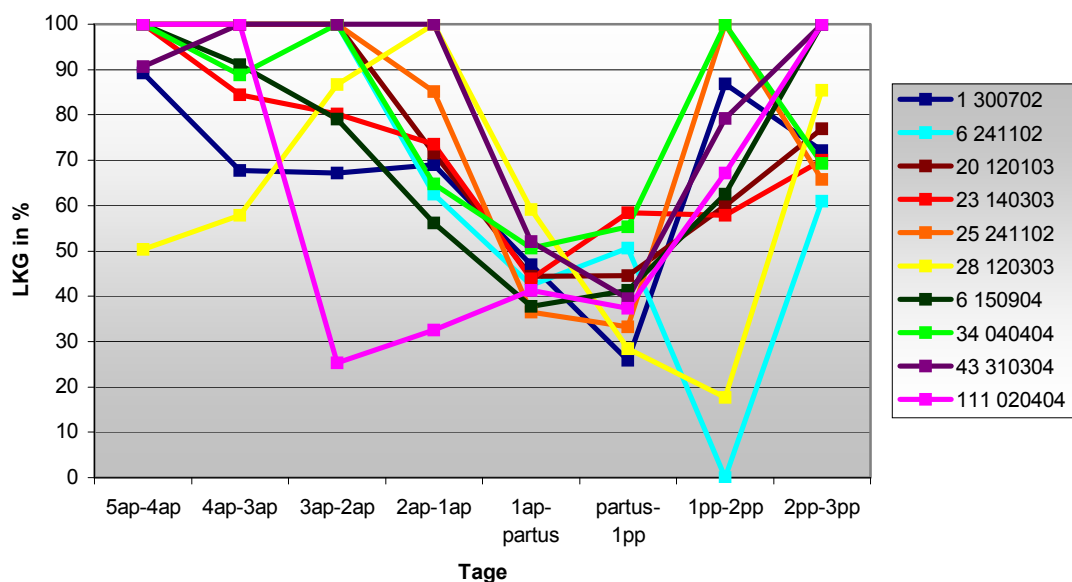


Abbildung 23: Schrittaktivität - Mutterkühe mit einem LKG bis 60% in den Zeitabschnitten 1ap-partus und partus-1pp

Insgesamt halten sich die LKG in den Zeitabschnitten vor der Abkalbung (5ap-4ap, 4ap-3ap, 3ap-2ap, 2ap-1ap) bei der Mehrzahl der Mutterkühe (6 Tiere) auf einem Niveau von über 60% bzw. bei 5 von 10 Tieren über 70%.

Anschließend sinken die LKG in den Zeitabschnitten 1ap-partus und partus-1pp wie bereits erwähnt auf unter 60%. Danach steigen die Werte wieder auf annähernd 60% und mehr an. Sie erreichen im letzten relevanten Zeitabschnitt 2pp-3pp mindestens 65,8%. Die Entwicklung der LKG von 3 Mutterkühen ist hier besonders auffällig. Zum einen ist das Kuh 28 120303. Bei ihr sind die LKG bereits in den Zeitabschnitten 5ap-4ap und 4ap-3ap also deutlich vor der Abkalbung unter 60%. Danach kommt es zu einem Anstieg auf über 80%. Anschließend fallen die LKG in den Zeitabschnitten 1ap-partus und partus-1pp auf bis zu 28,4% und einen Tag versetzt (1pp-2pp) sogar auf 17,7%. Zum letzten Zeitabschnitt in der Zeitreihe erreicht Kuh 28 wieder einen LKG von über 80%. Dieses Tier hatte eine Schwerkgeburt in dessen Verlauf trotz tierärztlicher Unterstützung das Kalb tot zur Welt kam und die Kuh nachbehandelt werden musste. Als zweites sehr auffälliges Tier ist Kuh 111 020404 anzusehen. In ihrem Fall kommt es bereits im Zeitabschnitt 3ap-2ap zu einem sehr geringen LKG von 25,3%. Die Werte der nächsten Zeitabschnitte bis partus-1pp bleiben unter einem Niveau von 45%. Ein Anstieg der LKG tritt erst 1pp-2pp ein. Dann werden 60% wieder klar überschritten. Die Geburt des Kalbes verlief bei diesem Tier völlig normal und ohne Komplikationen. Als drittes Tier weist Kuh 6 241102 Besonderheiten im Verlauf der LKG auf. Inklusiv des Zeitabschnittes partus-1pp sind die LKG ähnlich denen der anderen Mutterkühe. Im Zeitabschnitt 1pp-2pp konnte dann aber kein LKG errechnet werden, was bedeutet, dass keine signifikant harmonischen Perioden in diesem Zeitabschnitt nachweisbar sind.

Im Unterschied zur Abbildung 23 sind in Abbildung 24 die Kühe zusammengefasst, deren LKG in einem der beiden Zeitabschnitte 1ap-partus oder partus 1pp unter 60% bzw. in einem Fall bei 63,1% (20 120604) liegt.

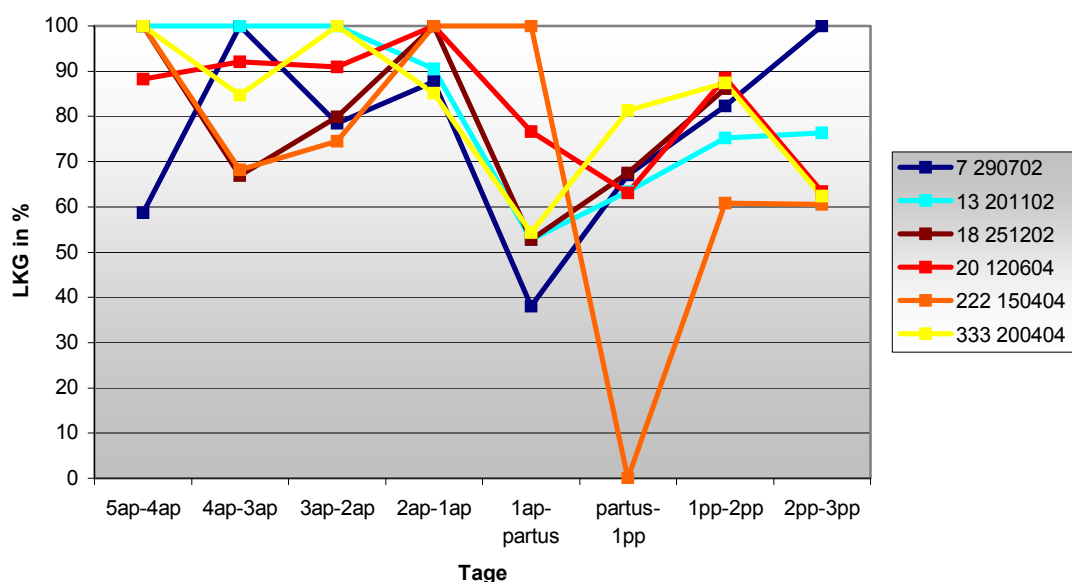


Abbildung 24: Schrittaktivität - Mutterkühe mit einem LKG bis 60% im Zeitabschnitt 1ap-partus oder partus-1pp

4 der 6 Mutterkühe haben den geringsten LKG im Zeitabschnitt 1ap-partus. Die beiden anderen Tiere weisen den niedrigsten LKG im Zeitabschnitt partus-1pp auf und zeigen Abweichungen im Vergleich zu den anderen Tieren. Bei Kuh 20 120604 sinken die LKG zwar nicht unter 60%. Die Werte liegen in den Zeitabschnitten ohne Einfluss des Abkalbungstages mit 88,3-100% dennoch sehr hoch, so dass die Verringerung, welche bereits 1ap-partus einsetzt, im Zeitabschnitt partus-1pp sehr stark hervortritt. Für Kuh 222 150404 konnte im Zeitabschnitt partus-1pp kein LKG errechnet werden, wodurch der Einschnitt in der Zeitreihe im Zusammenhang mit dem Abkalbungstag sehr deutlich wird. Insgesamt zeigen sich in Abbildung 24 besonders vor der Abkalbung sichtbare Unterschiede zwischen den einzelnen Tieren.

Die verbleibenden 4 der 20 Abkalbungsereignisse sind in Abbildung 25 dargestellt. Kuh 4 280702 zeigt im Kurvenverlauf zwar eine leicht sinkende Tendenz der LKG, ein klarer Trend im näheren Bereich der Abkalbung ist aber nicht erkennbar. Zudem fallen die LKG in keinem Zeitabschnitt unter 60%.

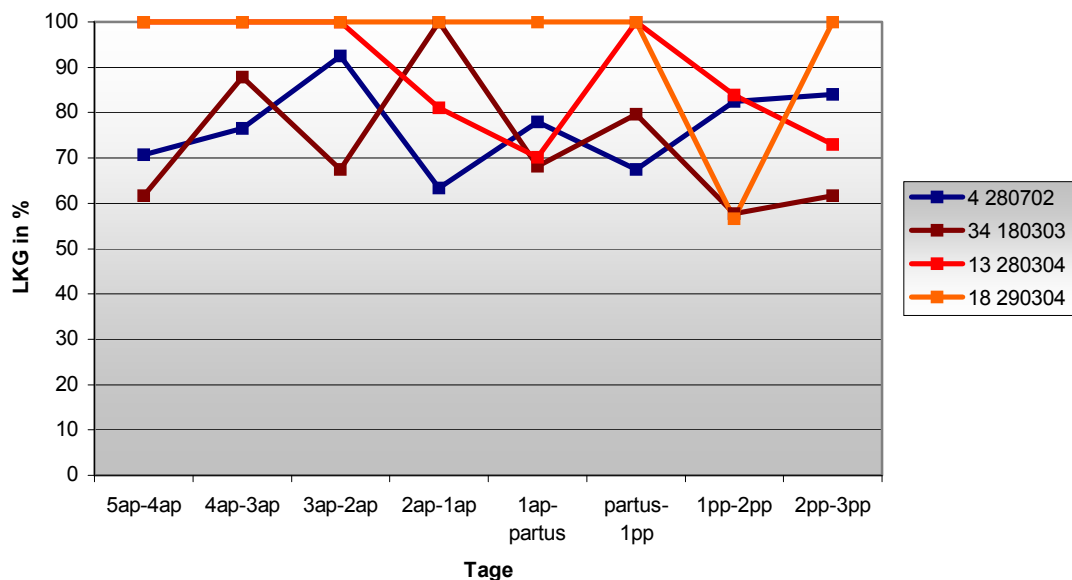


Abbildung 25: Schrittaktivität - Mutterkühe mit einem LKG über 60% in den Zeitabschnitten 1ap-partus und partus-1pp

Einen ebenfalls leicht sinkenden Verlauf zur Abkalbung hin zeigt Kuh 34 180303. Der niedrigste LKG mit 57,7% wird aber erst nach der Abkalbung im Zeitabschnitt 1pp-2pp erreicht. Analog zu Kuh 34 180303 reagiert Kuh 18 290304 mit dem niedrigsten LKG (56,6%) im Zeitabschnitt 1pp-2pp. Bei diesem Tier tritt im Vergleich zu den anderen Mutterkühen eine Besonderheit auf. Im untersuchten Zeitraum wurde in allen Zeitabschnitten, außer 1pp-2pp, ausnahmslos ein LKG von 100% ermittelt. Einen ebenfalls geringeren LKG im Vergleich zu den vorherigen und nachfolgenden Zeitabschnitten ist bei Kuh 13 280404 im Zeitabschnitt 1ap-partus zu beobachten. Allerdings ist dieser mit 70,2% immer noch sehr hoch.

Die anschließenden Analysen gelten dem Harmonischen Anteil der Schrittaktivität im Rahmen der Fourieranalyse. Grundsätzlich ist festzustellen, dass der Harmonische Anteil der Schrittaktivität prozentual weit unter dem LKG liegt. Im Mittel aller Abkalbungen bewegen sich die Harmonischen Anteile in der Zeitreihe zwischen 16,2% und 24,2%. Wie in Abbildung 26 dargestellt sind die niedrigsten Werte in den Zeitabschnitten 1ap-partus und partus-1pp zu verzeichnen.

Die Standardabweichung beläuft sich auf 34,5-58,8% vom Mittelwert. Damit ist die Streuung höher als bei den LKG. Die kleinste Streuung in der Zeitreihe tritt im Zeitabschnitt 5ap-4ap auf, während die größte Streuung im Zeitabschnitt 2pp-3pp erreicht wird.

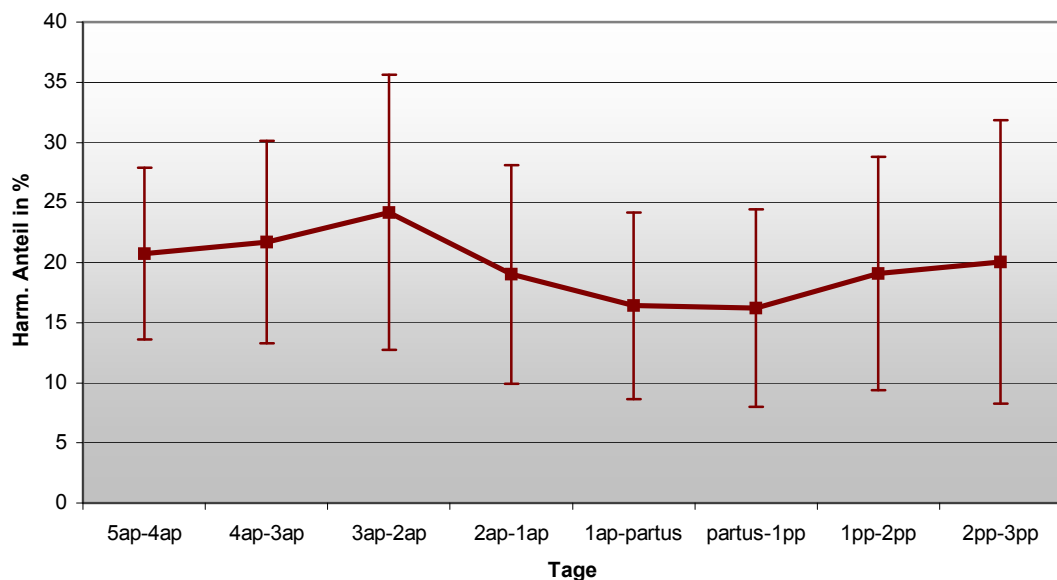


Abbildung 26: Schrittaktivität - Harmonische Anteile im Gruppenmittel der 20 Abkalbungen in der Zeit 5ap-3pp

In Abbildung 27 sind zunächst die Mutterkühe mit Harmonischen Anteilen von weniger als 20% und einer sinkenden Tendenz in den abkalbungsrelevanten Zeitabschnitten zusammengefasst. Diese Bedingungen erfüllen 8 Mutterkühe, wobei Kuh 1 300302 den deutlichsten Verlauf zeigt, mit einem Harmonischen Anteil von 34,9-39,6% in den ersten 3 überlappenden Abschnitten der Zeitreihe. Im Zeitabschnitt 2ap-1ap sinkt der Wert bereits auf 25,9%. Das absolute Minimum ist im Zeitabschnitt partus-1pp mit 8,4% erreicht. Danach orientieren sich die Werte wieder nach oben auf über 20%. Die Harmonischen Anteile der anderen Tiere liegen größtenteils dichter beieinander. Obwohl die Entwicklung der Anteile über die Zeitreihe einen ähnlichen Verlauf zeigt, sind sie tierindividuell verschieden ausgeprägt.

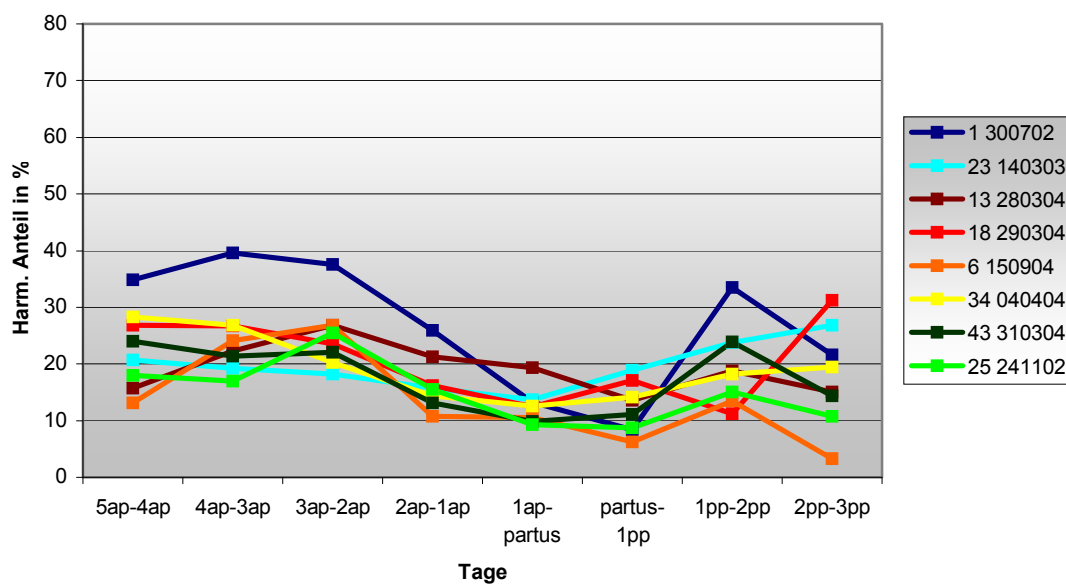


Abbildung 27: Schrittaktivität - Mutterkühe mit einem Harmonischen Anteil bis 20% in den Zeitabschnitten 1ap-partus und partus-1pp sowie einer absinkenden Tendenz

Bei 5 weiteren Abkalbungsereignissen (Abbildung 28) wurde ein Harmonischer Anteil von unter 20% an einem der Zeitabschnitte 1ap-partus und partus-1pp errechnet bzw. wurde bei 2 Tieren mit einem allgemein geringen Harmonischen Anteil unter 20% eine Tendenz in dieser Zeit sichtbar. Hervorzuheben ist noch einmal, dass bei Kuh 222 150404 im Zeitabschnitt partus-1pp kein Harmonischer Anteil vorliegt.

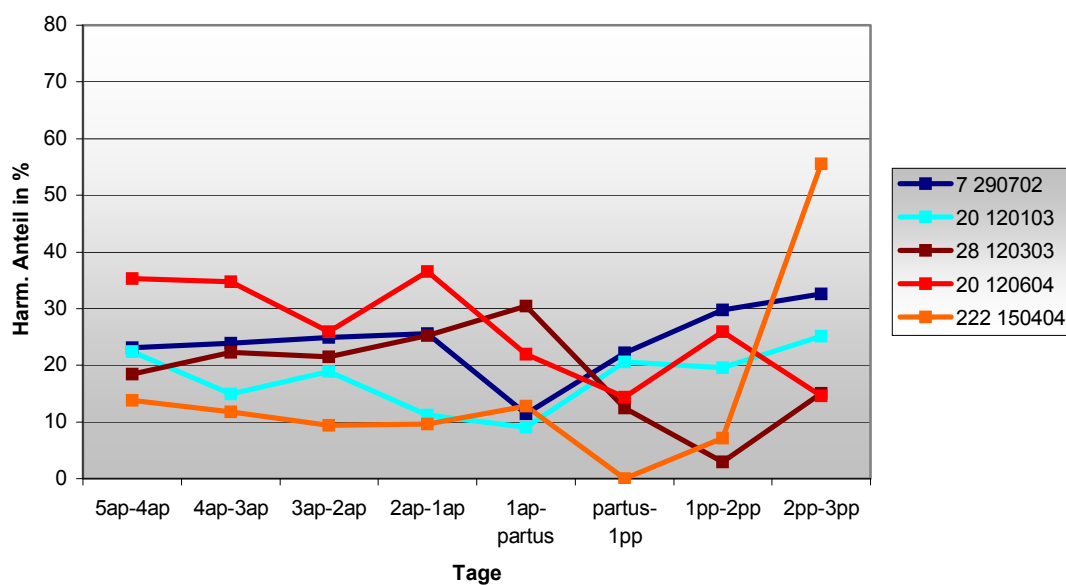


Abbildung 28: Schrittaktivität - Mutterkühe mit einem Harmonischen Anteil bis 20% im Zeitabschnitt 1ap-partus oder partus-1pp bzw. einer absinkenden Tendenz

Diese Entwicklung ist nachvollziehbar, da die Berechnung der LKG bereits das gleiche Ergebnis erbrachte. Ein gleichmäßiges Niveau der Harmonischen Anteile vor der Abkalbung ist bei Kuh 7 290702 zu verzeichnen. Die Werte liegen zwischen 23,1% und 25,6%. Der klare Einschnitt beschränkt sich mit 11,4% auf den Zeitabschnitt 1ap-partus. Danach steigen die Harmonischen Anteile wieder deutlich an.

In Abbildung 29 sind die Mutterkühe mit Abkalbungen zusammengefasst, bei deren Analyse keine eindeutige Tendenz im Verlauf der Harmonischen Anteile feststellbar ist. Im Ganzen handelt es sich um 7 Tiere, von denen 2 (4 280702, 34 180303) in der Berechnung ihrer LKG ebenfalls keine Tendenz aufwiesen. Kuh 111 020404 hat zwar sehr niedrige aber dafür gleichmäßige Harmonische Anteile über die gesamte Zeitreihe. Im Gegensatz dazu, war der Verlauf der LKG des Tieres sehr auffällig und in der Gruppe ungewöhnlich.

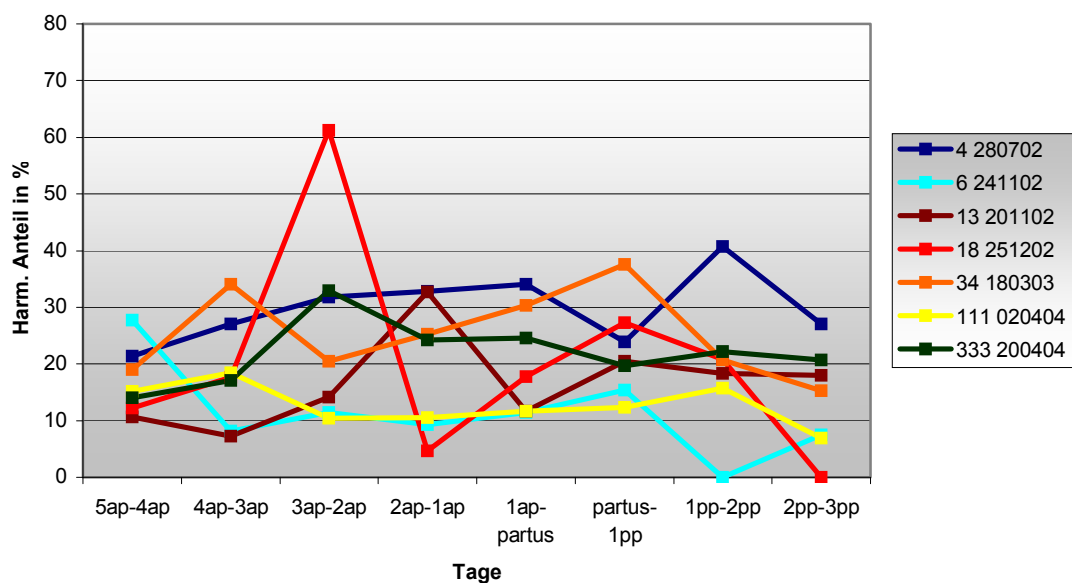


Abbildung 29: Schrittaktivität - Mutterkühe mit einem Harmonischen Anteil über 20% in den Zeitabschnitten 1ap-partus oder partus-1pp und ohne eindeutige Tendenz

5.2.5 Brustbeinlage im Gruppenmittel der 20 Abkalbungen in der Zeit 5ap-3pp

Die Gesamtlichezeit der Mutterkühe im geburtsnahen Zeitraum beträgt über die gesamte Untersuchungszeit zwischen 583-630 Minuten täglich. Demzufolge befinden sich die Tiere umgerechnet durchschnittlich 9,7-10,5 Stunden entweder in der Seitenlage oder in der Brustbeinlage. Die Brustbeinlage umfasst über den gesamten Messzeitraum zwischen 93,4% und 96,8% der Gesamtlichezeit eines Tages. Die durchschnittlichen Werte der Herde befinden sich 5ap-2ap zwischen 589,9-604,3 Minuten, was 9,8-10,1 Stunden entspricht. Am Tag vor der Abkalbung sinkt die Zeit in Brustbeinlage um 45,3 Minuten verglichen mit dem Minimum der Vortage. Das bedeutet eine Verringerung um 7,7%. Am Abkalbungstag liegt das Gruppenmittel mit 548,3 Minuten auf ungefähr gleichem Niveau. In der Zeit von 1pp-3pp ist wieder ein Anstieg der Brustbeinlage mit 571,1-600,6 Minuten zu verzeichnen.

Die Standardabweichung der Brustbeinlage befindet sich weit unter dem Mittelwert. Von 0-24 Uhr umfasst s^2 zwischen 15,0-31,1% der täglichen Mittelwerte in der Zeit 5ap-3pp.

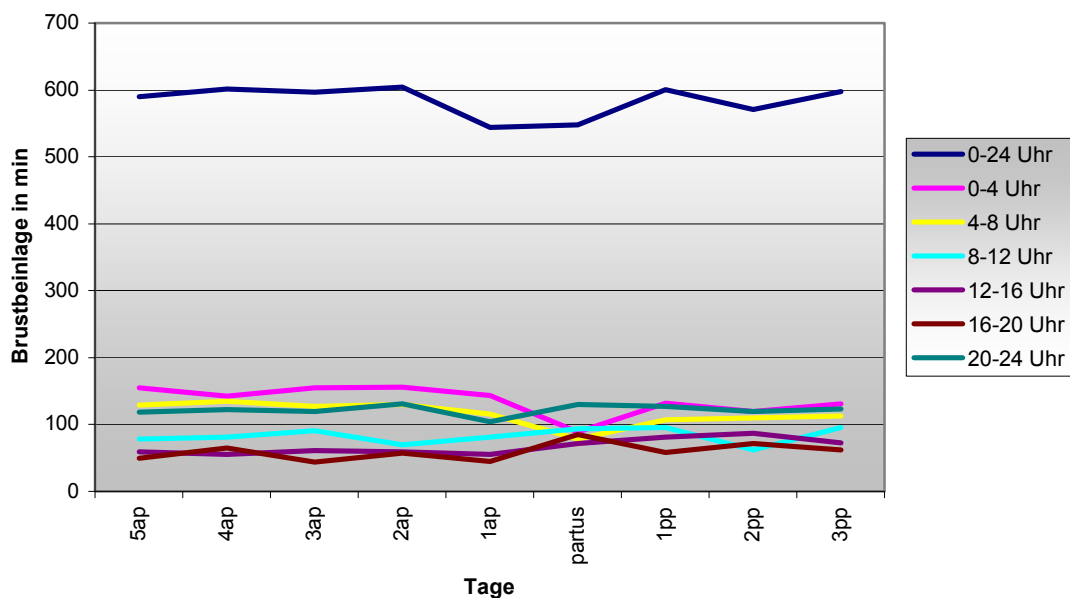


Abbildung 30: Gruppenmittel der Zeit in Brustbeinlage von 20 Abkalbungen – Anteile der 4-Stunden Tageszeitabschnitte

Im Rahmen der 4-Stunden Tageszeitabschnitte ist die Brustbeinlage vor der Abkalbung zwischen 0-4 Uhr, gefolgt von 4-8 Uhr und 20-24 Uhr am stärksten ausgeprägt (Abbildung 30). Hier ist die Brustbeinlage von 5ap-2ap mit mehr als 100 Minuten bestimmend. Zwischen 0-4 Uhr dominiert die Zeit in Brustbeinlage mit 142,8-156,3 Minuten bzw. 2,4-2,6 Stunden. In diesem Tageszeitabschnitt ist auch der mit Abstand deutlichste Zeitrückgang am Abkalbungstag zu beobachten. Im Gruppenmittel wurden nur 89,4 Minuten (1,5 Stunden) Liegezeit registriert, was einer Absenkung zum Minimum der Tage a. p. (inklusive 1ap) von 37,4% entspricht.

Nach der Abkalbung werden von 0-4 Uhr tendenziell 11,1-36,8 Minuten weniger Zeit in Brustbeinlage verbracht als vor der Abkalbung. Eine geringere Liegezeit p. p. ist ebenfalls von 4-8 Uhr nachzuweisen. Die Zeit reduziert sich um 14,3-28,1 Minuten. Generell niedrige Liegezeiten sind für die Tageszeitabschnitte 8-12 Uhr, 12-16 Uhr und 16-20 Uhr festzustellen. Die beiden Letztgenannten haben innerhalb der 4-Stunden Tageszeitintervalle den höchsten Anteil an der Schrittaktivität. Demnach handelt es sich um sehr aktive Phasen im Tagesverlauf der Mutterkühe, weshalb geringe Liegezeiten nicht ungewöhnlich sind. Im Zeitraum 5ap-2ap bewegt sich die Brustbeinlage in den Tageszeitabschnitten 12-16 Uhr und 16-20 Uhr in einem Bereich von 43,8-64,6 Minuten. Das bedeutet a. p. einen Anteil von nur 9,2-10,2% (12-16 Uhr) bzw. 7,3-10,7% (16-20 Uhr) an der ganztägigen Liegezeit in Brustbeinlage. Auch am Tag 1ap gibt es diesbezüglich keine Veränderung. Am Abkalbungstag steigt die Liegezeit an, wobei die Erhöhung zwischen 16-20 Uhr mit 31,4% im Vergleich zum Maximum der Vortage klarer hervortritt. Die Erhöhung der Liegezeit hält in der Zeit p. p. besonders zwischen 12-16 Uhr an. In den 4-Stunden Tageszeitabschnitten liegt die Standardabweichung aller Messtage zwischen 31,9-59,2 Minuten und in jedem Fall unter dem Mittelwert.

Die Auflösung des Tages in 8-Stunden Tageszeitintervalle verstärkt nochmals die bereits gewonnene Erkenntnis über die Verteilung der Liegezeiten (Tabelle 31). So werden vom 5ap-2ap zwischen 0-8 Uhr mit 277,7-286,3 Minuten (4,6-4,8 Stunden) die mit Abstand höchsten Liegezeiten erreicht, während der Anteil von 8-16 Uhr und 16-24 Uhr deutlich geringer ist. Die prozentualen Anteile an der Brustbeinlage des gesamten Tages verteilen sich a. p. (1ap exklusive) folgendermaßen: 46,2-48,1% von 0-8 Uhr, 21,4-25,4% von 8-16 Uhr und 27,4-31,2% von 16-24 Uhr. Diese Verteilung lässt gut nachvollziehen, dass die Mutterkühe bereits in den ersten 8 Stunden des Tages fast die Hälfte der täglichen Zeit in Brustbeinlage verbringen. Die Unterbrechung der sehr gleichmäßigen Verteilung ist am Abkalbungstag ebenfalls für die Zeit von 0-8 Uhr erkennbar. Zum Einen sinkt der Anteil der Liegezeit an der täglichen Gesamtzeit in Brustbeinlage um mehr als 15% auf 30,7% und zum anderen reduziert sich die Brustbeinlage auf 168,1 Minuten, was eine Verringerung zum Minimum der Tage 5ap-2ap um 39,5% bedeutet. In Abbildung 31 ist ebenfalls zu erkennen, dass die Anteile der 8-Stunden Tageszeitabschnitte in den Tagen nach der Abkalbung untereinander ausgeglichener sind. Das bedeutet eine Verschiebung der Liegezeit zwischen 0-8 Uhr nach unten auf 229,6-243,9 Minuten bzw. 3,8-4,1 Stunden, während die Liegezeiten in den anderen Tageszeitabschnitten tendenziell leicht ansteigen. Prozentual ergibt sich p. p. daraus ein Anteil 39,7-40,8% zwischen 0-8 Uhr, von 26,2-29,5% zwischen 8-16 Uhr und 30,8-33,6% zwischen 16-24 Uhr.

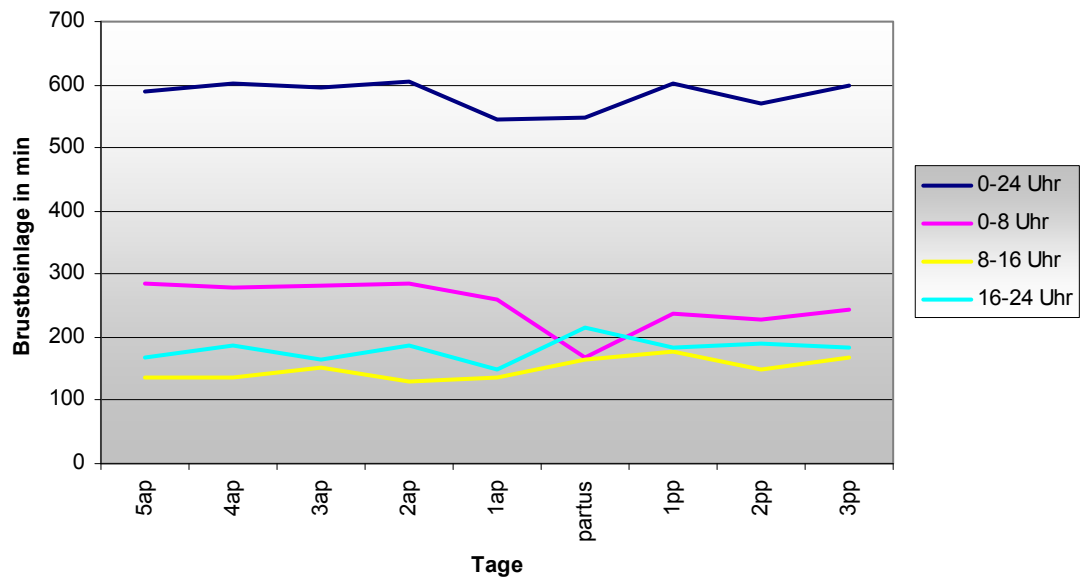


Abbildung 31: Gruppenmittel der Zeit in Brustbeinlage von 20 Abkalbungen – Anteile der 8-Stunden Tageszeitabschnitte

Die Einteilung in 12-Stunden Tageszeitintervalle (Abbildung 32) zeigt, dass a. p. ein großer Teil der ersten Tageshälfte zum Ruhen genutzt wird und die Rinder viel Zeit in Brustbeinlage verbringen. Im Gegensatz dazu, ist die zweite Tageshälfte durch eine deutlich geringe Liegezeit gekennzeichnet.

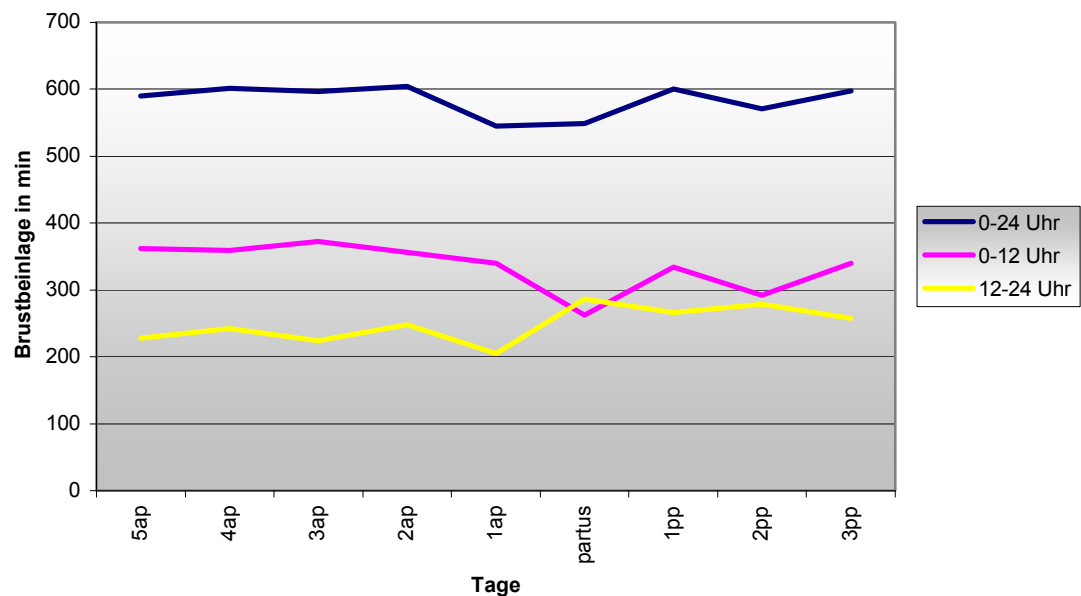


Abbildung 32: Gruppenmittel der Zeit in Brustbeinlage von 20 Abkalbungen – Anteile der 12-Stunden Tageszeitabschnitte

Dieser Aspekt ist nachvollziehbar, berücksichtigt man die klar höhere Schrittkaktivität zwischen 12-24 Uhr im Vergleich mit der Zeit von 0-12 Uhr.

Die Zusammensetzung der 12-Stunden Tageszeitabschnitte zur Gesamtzeit der Brustbeinlage in 24 Stunden ist eine Fortsetzung der beschriebenen 8-Stunden Tageszeitabschnitte. Bis 2 Tage a. p. hat die Brustbeinlage in der ersten Tageshälfte einen Anteil von 58,9-62,4%, wodurch der Anteil von 12-24 Uhr nur noch zwischen 37,6-41,1% liegen kann. Das bedeutet ein Verhältnis von 5,9-6,2 Stunden zu 3,7-4,1 Stunden. Während am Tag 1ap dieses Verhältnis ungefähr bestehen bleibt, ändert sich das Liegeverhalten der Mutterkühe am Abkalbungstag und p. p.. Am Abkalbungstag sinkt die Liegezeit zwischen 0-12 Uhr mit 26,4% verglichen mit dem Minimum von 5ap-2ap klar ab und steigt wiederum zwischen 12-24 Uhr mit 15,4% verglichen mit dem Maximum von 5ap-2ap sichtbar an. In den 3 Tagen p. p. schwankt die Brustbeinlage von 0-12 Uhr zwischen 292,1-339,9 Minuten. Etwas konstanter bleibt die Liegezeit zwischen 12-24 Uhr mit einer Spanne von 229,6-243,9 Minuten.

Die Standardabweichung erreicht in den 12-Stunden Tageszeitabschnitten Werte zwischen 15,8-49,5%.

5.2.6 Mittelwertvergleich der Brustbeinlage ante partum, partus und post partum

Der Vergleich der Brustbeinlage a. p. mit der Brustbeinlage p. p. ergab bei 7 von 12 Tageszeitabschnitten p. p. höhere Werte. Aber lediglich im Tageszeitabschnitt 12-16 Uhr war die höhere Zeit p. p. auch signifikant abzusichern. Von den übrigen 5 Tageszeitabschnitten mit einer höheren Brustbeinlage a. p. konnte in 4 Fällen dieser Unterschied auch statistisch gesichert werden. Das bedeutet in der Mehrzahl der Tageszeitabschnitte ein Auftreten der höheren Liegezeit p. p.. Die signifikanten Unterschiede sind jedoch hauptsächlich dann zu verzeichnen, wenn die Liegezeit p. p. geringer ist. Erwähnenswert ist ebenfalls, dass dieser Fall, ähnlich wie bei der Schrittaktivität, in Tageszeitabschnitten der ersten Tageshälfte auftritt. Die Tageszeitabschnitte mit signifikanten Differenzen sind in Tabelle 24 dargestellt. Wie daraus erkennbar wird, bewegt sich der statistisch zu sichernde Unterschied auf mittlerem bis hohem Niveau.

Tabelle 24: Vergleich der Zeit in Brustbeinlage a. p. und p. p.

TAGESZEIT	ZEITRAUM	n	MW	STABW	MIN	MAX	SIGNIFIKANZ
0-12 Uhr	5ap-2ap	20	362,4	83,4	8	502	0,000***
	1pp-3pp	20	323,4	84,1	106	534	
0-8 Uhr	5ap-2ap	20	282,5	60,5	0	399	0,000***
	1pp-3pp	20	238,7	56,9	104	387	
0-4 Uhr	5ap-2ap	20	152,2	50,5	0	227	0,001***
	1pp-3pp	20	128,0	38,3	42	201	
4-8 Uhr	5ap-2ap	20	130,4	42,3	0	223	0,003**
	1pp-3pp	20	110,8	41,3	16	210	
12-16 Uhr	5ap-2ap	20	58,9	39,8	0	184	0,004**
	1pp-3pp	20	81,1	47,7	0	192	

Der Vergleich der Zeiträume a. p. und partus zeigt, dass in der Hälfte der Tageszeitabschnitte die Liegezeit in Brustbeinlage im Zeitraum 1ap-partus niedriger ist. Statistisch abzusichern ist diese Information für 5 Tageszeitabschnitte die in Tabelle 25 aufgeführt sind. Der umgekehrte Fall einer höheren Liegezeit im Zeitraum 1ap-partus tritt zwar in den anderen 6 Tageszeitabschnitten auf, ist statistisch aber nicht abzusichern. Wiederum fallen 80% der Tageszeitabschnitte mit signifikanten Unterschieden zwischen a. p. und partus in die erste Tageshälfte. In diesen Fällen ist die statistische Sicherheit dieses Unterschiedes sehr hoch. Des Weiteren ergab sich für den Zeitraum 1ap-partus eine geringere Liegezeit mit einem geringen Signifikanzniveau für den Tageszeitabschnitt 0-24 Uhr.

Tabelle 25: Vergleich der Zeit in Brustbeinlagelage a. p. und partus

TAGESZEIT	ZEITRAUM	n	MW	STABW	MIN	MAX	SIGNIFIKANZ
0-24 Uhr	5ap-2ap	20	598,1	115,2	166	787	0,036*
	1ap-partus	20	546,5	150,8	186	881	
0-12 Uhr	5ap-2ap	20	362,4	83,4	8	502	0,001***
	1ap-partus	20	301,1	111,7	1	513	
0-8 Uhr	5ap-2ap	20	282,5	60,5	0	399	0,000***
	1ap-partus	20	213,5	93,3	0	405	
0-4 Uhr	5ap-2ap	20	152,2	50,5	0	227	0,001***
	1ap-partus	20	116,5	58,3	0	234	
4-8 Uhr	5ap-2ap	20	130,4	42,3	0	223	0,000***
	1ap-partus	20	97,2	54,3	0	228	

In der Gegenüberstellung der Zeiträume 1ap-partus und 1pp-3pp wird in 10 von 12 Tageszeitabschnitten p. p. mehr Zeit in Brustbeinlage verbracht. Auch wenn hier offensichtlich eine Tendenz zu erkennen ist, konnte für keinen Tageszeitabschnitt eine Differenz statistisch gesichert werden.

5.2.7 Einzeltieranalyse der Brustbeinlage mit der Lowessfunktion

Die Abbildungen 33-35 zeigen die Glättung der Originaldaten aus der Brustbeinlage. Zu Beginn wird ebenfalls darauf eingegangen, welche Prozentzahl von Werten in die Nachbarschaftsgewichtung einfließt, um eine gute Kurveninterpretation zu ermöglichen. Die Auswertung und anschließende Skalierung der Brustbeinlage wurde in Sekunden vorgenommen, um überhaupt einen differenzierbaren Kurvenverlauf darstellen zu können. Daraus ergibt sich ein absolutes Maximum von 300 Sekunden Liegezeit im 5min-Zeitintervall.

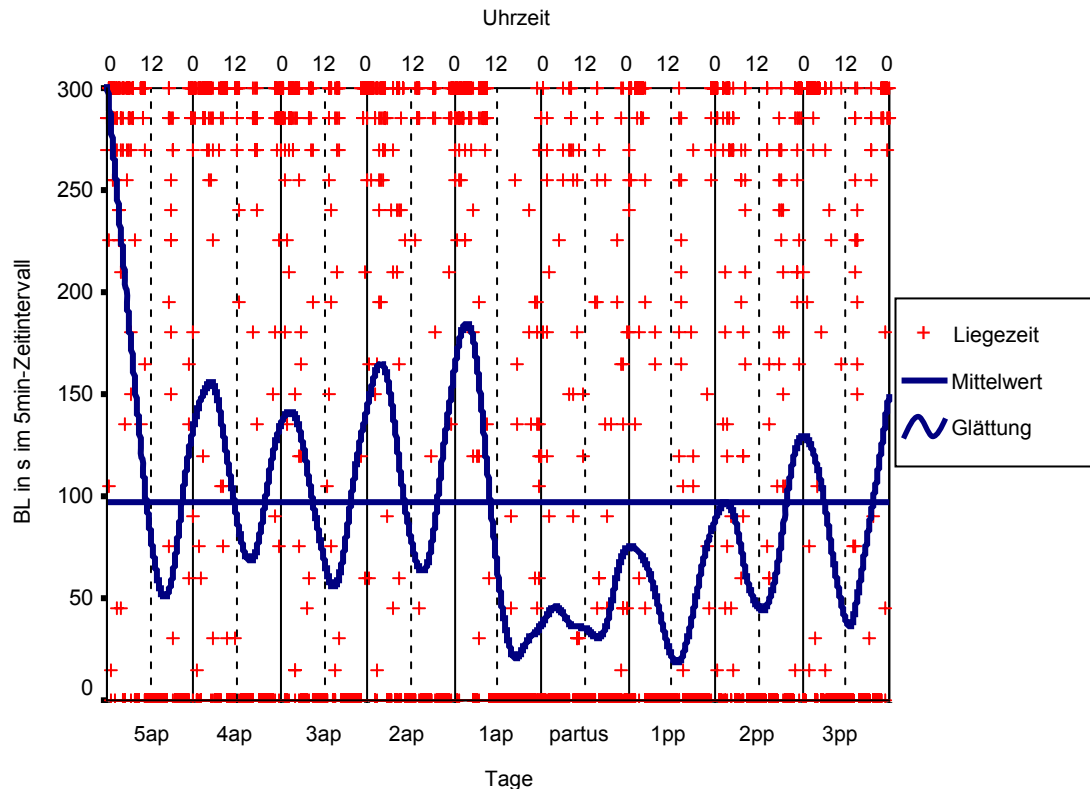


Abbildung 33: Brustbeinlage - Scatterplot der Kuh 4 280702 mit 10%iger Glättung

Als Beispiel wurden wiederum die Scatterplots von Kuh 4 280702 ausgewählt. Berücksichtigt man die bereits gewonnenen Erkenntnisse aus der Schrittaktivität dieses Tieres, stellt die 10%ige Glättung (Abbildung 33) einen Kurvenverlauf dar, der den Erwartungen entspricht. Bei einem Anstieg der Schrittaktivität über einen längeren Zeitraum sinkt äquivalent dazu die Liegezeit. So verringert sich die Liegezeit der Brustbeinlage ab der zweiten Tageshälfte des Tages 1ap unter das Niveau der Vortage. Dieser Rückgang hält bis zum Tag 1pp tendenziell an, bevor ein leichter Anstieg folgt.

Ein ähnlicher, wenn auch differenzierterer Verlauf stellt sich bei 5%iger Glättung ein (Abbildung 34). Die Ausprägung der Peaks tritt deutlicher hervor und der Zeitpunkt des Anstieges der Liegezeit nach der Abkalbung kristallisiert sich klarer heraus. Die Hauptinformation aus dem Plot ist ebenfalls die fehlende Liegezeit in den Nacht- und Morgenstunden zwischen den Tagen 1ap und partus.

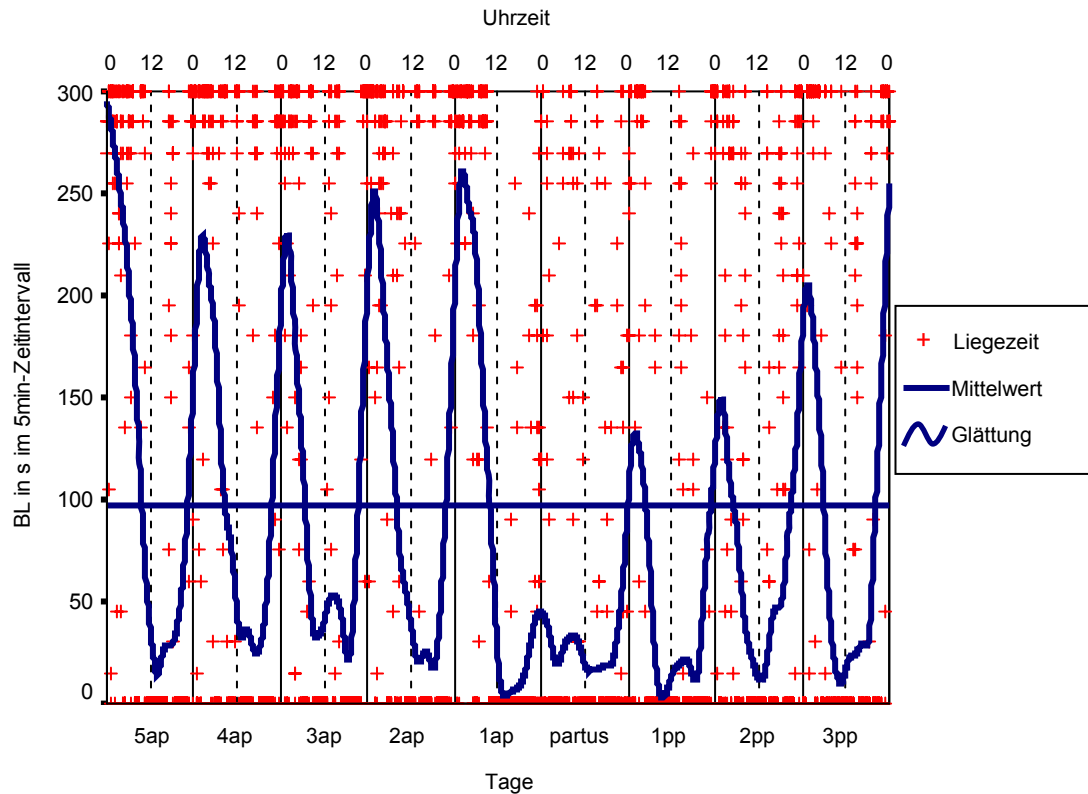


Abbildung 34: Brustbeinlage - Scatterplot der Kuh 4 280702 mit 5%iger Glättung

Bei Betrachtung der Abbildung 35 fällt zunächst auf, dass ein Trend im Kurvenverlauf besonders in der Zeit 5ap-2ap nur noch schwer zu erkennen ist. Dafür tritt der Einschnitt in der Liegezeit an den Tagen 1ap und partus besonders klar hervor. Dass sich die Liegezeit p. p im Vergleich zur Liegezeit a. p. anders verhält kann man dem Plot ebenfalls entnehmen. Die Analyse der anderen Abkalbungsereignisse ergab für die 1%ige Glättung bei vielen Tieren unübersichtliche und wenig strukturierte Kurvenverläufe. Aus diesem Grund beziehen sich alle weiteren Ausführungen auf die Trendverläufe mit 5%iger Glättung, da hier ein Trend und ein Rhythmus in der Liegezeit an allen Messtagen klar erkennbar ist.

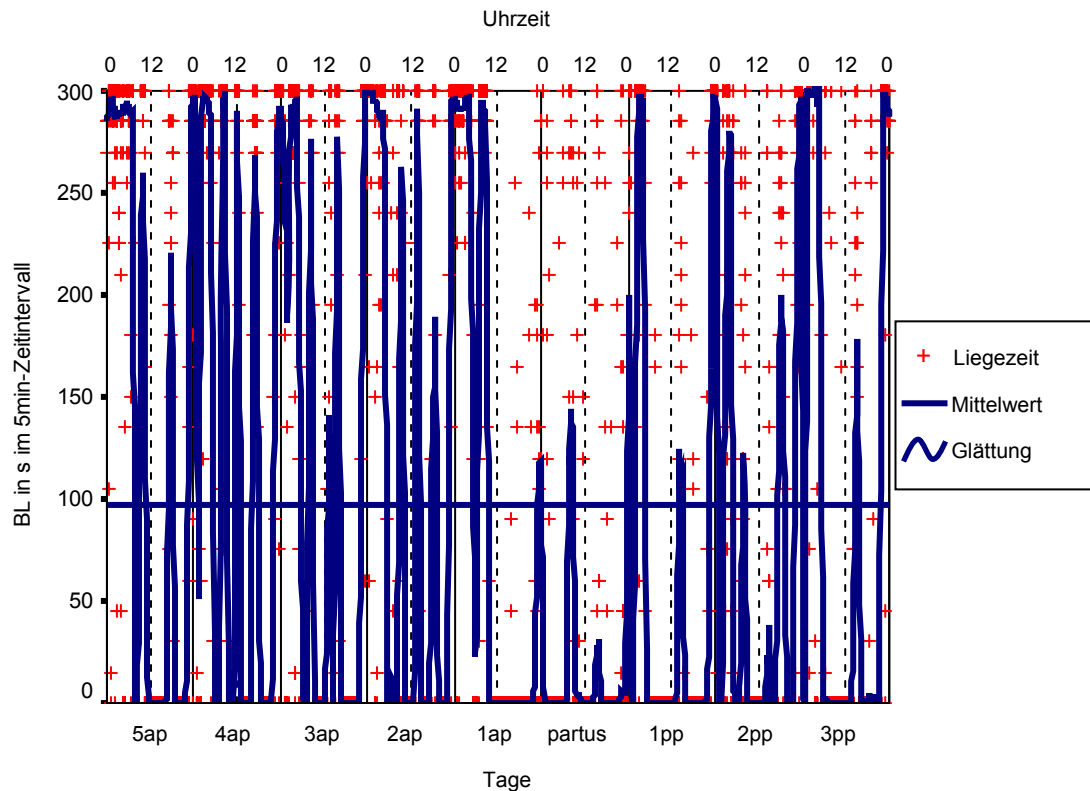


Abbildung 35: Brustbeinlage - Scatterplot der Kuh 4 280702 mit 1%iger Glättung

Wie bereits angesprochen, besteht die Erwartung einer absinkenden Liegezeit im Zeitraum 1ap-partus, wenn davon ausgegangen wird, dass die Schrittaktivität ein deutliches Maximum erreicht oder ein höheres Niveau der Schrittaktivität über einen längeren Zeitraum anhält. Der sehr eindeutige Kurvenverlauf, wie er sich bei Kuh 4 280702 darstellt, ist bei Betrachtung der anderen Trendverläufe nicht die Regel. Die tierindividuellen Unterschiede sind auffällig, was eine Einzelbewertung der Kurven notwendig macht. Die optische Betrachtung eröffnet bei insgesamt 10 Mutterkühen (1 300702, 4 280702, 7 290702, 18 251202, 20 120103, 34 180303, 13 280304, 34 040404, 43 310304, 222 150404) einen tendenziellen Rückgang der Brustbeinlage im Zeitraum 1ap-partus im Vergleich zu 5ap-2ap, wobei der Kurvenverlauf innerhalb der Tiere sehr verschieden aussehen kann. Außergewöhnlich sind die Kurvenverläufe der Kühe 23 140303 und 28 120303 p.p.. Kuh 23 140303 zeigt bereits a. p. (5ap-4ap, 2ap-1ap) sehr große Einschnitte in der Brustbeinlage. Dagegen steigt die Liegezeit am Abkalbungstag auf einen durchgängig sehr hohen Stand. Dieser Zustand hält auch in der Zeit 1pp-3pp an. Der Grund für diesen Verlauf ist mit hoher Wahrscheinlichkeit die schwierige Abkalbung. Wie in Tabelle 20 vermerkt, setzte die Abkalbung vermutlich schon in den Abendstunden des Tages 1ap ein und konnte erst durch das Personal am nächsten Morgen beendet werden. Die hohen Liegezeiten am Abkalbungstag und danach sind daher möglicherweise Folgeerscheinungen der Schweregeburt. Einen ähnlichen Verlauf präsentiert sich bei Kuh 28 120303, wobei die hohen Liegezeiten erst am Ende des Abkalbungstages einsetzen. Die Geburt endete aber auch erst 17:45 Uhr.

5.2.8 Einzeltieranalyse der Brustbeinlage mit der Fourieranalyse

Die Brustbeinlage ist ein fester Bestandteil im Tagesrhythmus von Rindern. Unter Kapitel 5.2.5 wurde festgestellt, dass sie sich im Mittel der untersuchten Mutterkühe auf ca. 10 Stunden des gesamten Tages verteilt. Inwieweit eine Periodik auftritt bzw. diese durch ein Geburtseignis gestört wird, soll im Folgenden dargestellt werden.

Den Überblick über die mittleren LKG der Brustbeinlage erhält man aus Abbildung 36. Daraus lässt sich erkennen, dass die LKG im Vergleich zur Schrittaktivität (81,2-90,5%) in den ersten 4 Zeitabschnitten der Zeitreihe mit 65,8-71,6% geringer ist. In den Zeitabschnitten 1ap-partus und partus-1pp liegen die LKG im Mittel ebenfalls unter 60%, dennoch hat der Rückgang nicht den Umfang, wie es bei der Schrittaktivität festgestellt wurde.

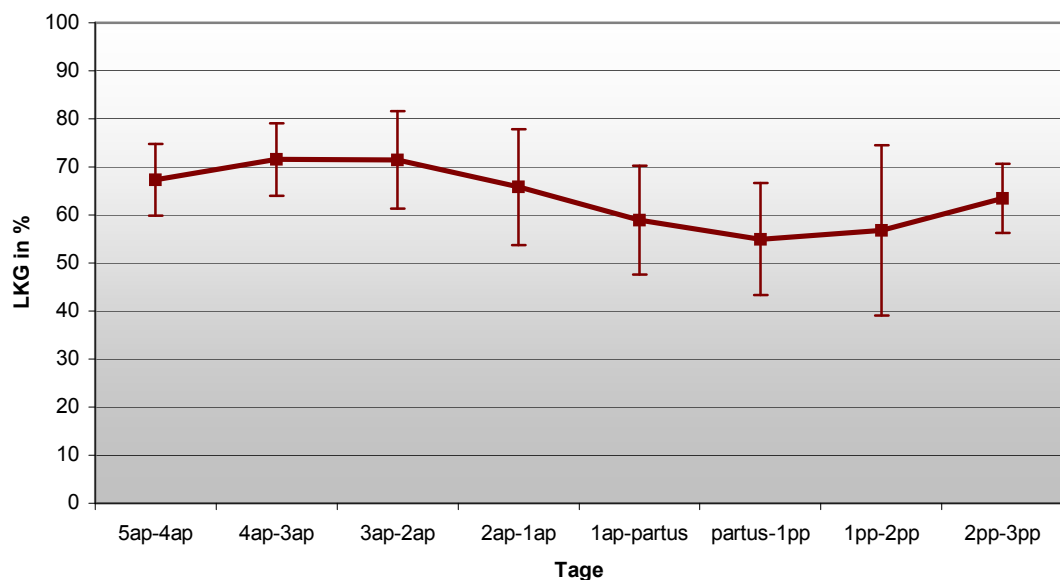


Abbildung 36: Brustbeinlage – LKG im Gruppenmittel der 20 Abkalbungen in der Zeit 5ap-3pp

Der erneute Anstieg ab 1pp-2pp ist zwar zu erkennen, erreicht im Zeitabschnitt 2pp-3pp aber nur 63,5%. Dadurch kommt es zu einem flacheren Kurvenverlauf. Der Einschnitt in den abkalbungsrelevanten Zeitabschnitten ist nicht so stark ausgeprägt.

Die Standardabweichungen aller LKG der Brustbeinlage sind ausnahmslos geringer als bei der Schrittaktivität. Die niedrigsten Werte wurden für die Zeitabschnitte vor der Abkalbung mit 10,5-18,3% errechnet. Der mit 31,3% höchste Wert fällt in den Zeitabschnitt 1pp-2pp.

Die Ergebnisse der Einzeltieranalyse befinden sich in den Abbildungen 37-39. Die Einzeltierwerte sind nach dem gleichen Prinzip geordnet, wie im Fall der Schrittaktivität. Im Rahmen der Brustbeinlage konnte bei 9 Abkalbungen eine Absenkung der LKG in den Zeitabschnitten 1ap-partus und partus-1pp unter 60% festgestellt werden. Aus Abbildung 37 geht neben dieser Information hervor, dass die größten Streuungen innerhalb dieser Tiergruppe in den Zeitabschnitten 2ap-1ap und 1pp-2pp auftreten, also unmittelbar vor und nach den abkalbungsrelevanten Zeitabschnitten. In Bezug auf die geringsten Werte in den abkalbungsrelevanten Zeitabschnitten fallen 3 Tiere auf. Kuh 23 140303 hat ihr Minimum mit 35,4% bereits im Zeitabschnitt 2ap-1ap und bleibt noch 2 weitere Zeitabschnitte unter 60%. Kuh 25 241102 hat vor der Abkalbung ein gleichmäßiges Niveau der LKG von 59,9-70,8%. In den Zeitabschnitten 1ap-partus und partus-1pp fällt der LKG dann auf 44,8% bzw. sogar auf 28,6%. Beide eben beschriebenen Abkalbungen waren Schweregeburten, wobei Kuh 25 241102 im Anschluss an die Geburt einen Gebärmuttervorfall erlitt und tierärztlich behandelt werden musste.

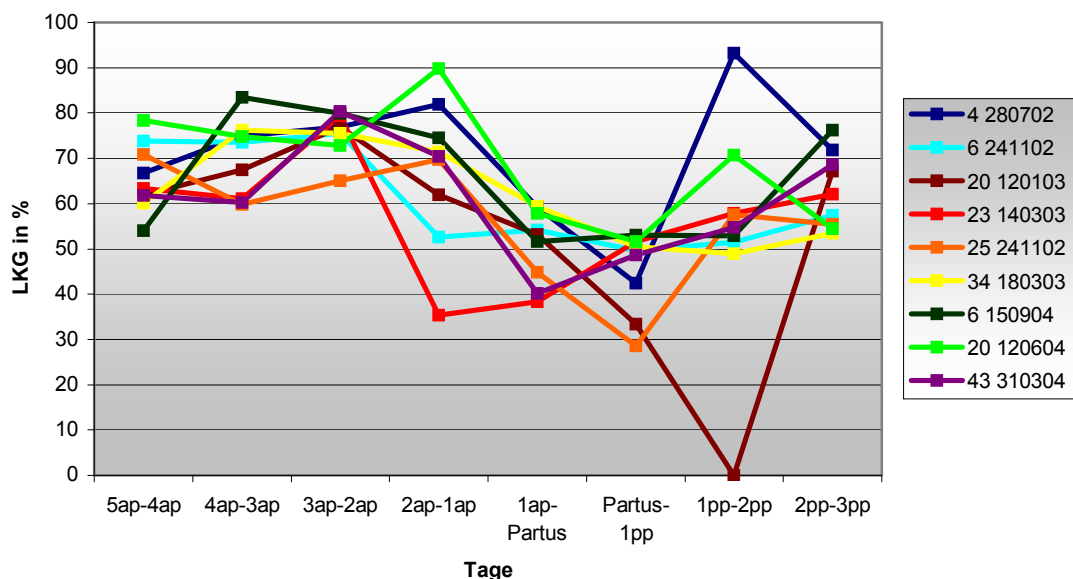


Abbildung 37: Brustbeinlage - Mutterkühe mit einem LKG bis 60% in den Zeitabschnitten 1ap-partus und partus-1pp

Der Verlauf von Kuh 20 120103 zeigt ebenfalls LKG von über 60% in den ersten 4 Zeitabschnitten. Ein Rückgang der LKG setzt im Zeitabschnitt 1ap-partus ein und fällt im Zeitabschnitt 1pp-2pp auf 0% . Danach kommt es wieder zu einem Anstieg auf über 60%.

Abbildung 38 zeigt eine weniger deutliche Entwicklung der LKG in der Zeitreihe. Bei den hier dargestellten Mutterkühen liegen die LKG in nur einem abkalbungsrelevanten Zeitabschnitt unter 60%. 4 der 7 Tiere haben im Zeitabschnitt 1ap-partus einen LKG unter 60% während die anderen 3 Mutterkühe einen Zeitabschnitt später diesen Wert unterschreiten. Generell haben alle hier zusammengefassten Mutterkühe zu den abkalbungsrelevanten Zeiträumen hin eine absinkende Tendenz.

Hervorzuheben aus Abbildung 38 ist Kuh 28 120303, da sich der LKG des Tieres bezüglich der Brustbeinlage im Zeitabschnitt 1pp-2pp auf 33,8% reduziert. Diese Entwicklung fiel bereits im Fall der Schrittaktivität auf. Dort zeigte die Kuh ebenfalls eine deutliche Reduktion des LKG im Vergleich zu den anderen Zeitabschnitten. Wie bereits beschrieben hatte das Tier eine Schweregeburts und musste durch den Tierarzt behandelt werden.

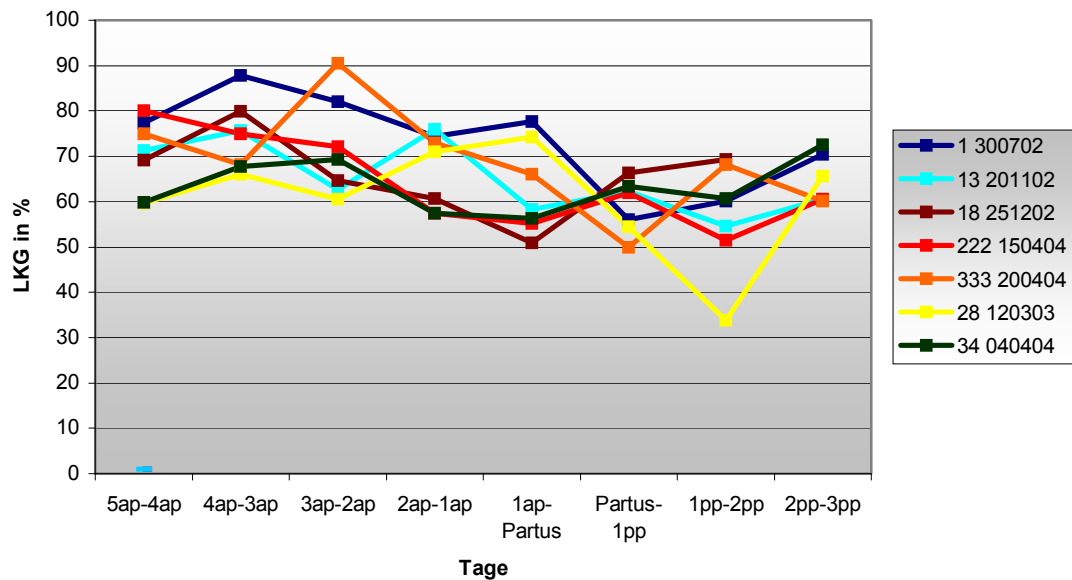


Abbildung 38: Brustbeinlage - Mutterkühe mit einem LKG bis 60% im Zeitabschnitt 1ap-partus oder partus-1pp

Von 20 Abkalbungen ließ sich bei 4 Mutterkühen keine Absenkung der LKG unter 60% in den abkalbungsrelevanten Zeitabschnitten nachweisen (Abbildung 39). Bei Kuh 18 290304 gab es einen deutlichen Einschnitt im Verlauf der LKG in den Zeitabschnitten 3ap-2ap und 2ap-1ap. Auch Kuh 111 020404 zeigt einen solchen Einschnitt im Zeitabschnitt 3ap-2ap auf 48,9%. Im Bereich der Schrittaktivität wies das Tier bereits im gleichen Zeitabschnitt eine Absenkung des LKG unter 30% auf, wobei diese Tendenz über mehrere Zeitabschnitte anhielt.

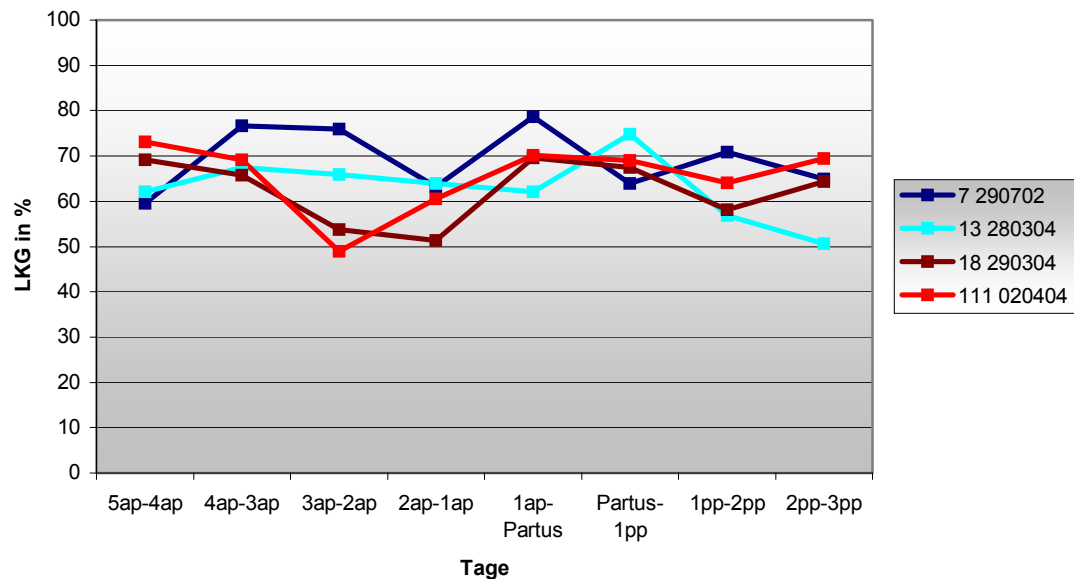


Abbildung 39: Brustbeinlage - Mutterkühe mit einem LKG über 60% in den Zeitabschnitten 1ap-partus und partus-1pp

Die Analyse der Harmonischen Anteile im Gruppemittel ergab, dass sich diese im Fall der Brustbeinlage deutlich über den Werten der Schrittaktivität bewegen (Abbildung 40). In den Zeitabschnitten 5ap-4ap, 4ap-3ap, 3ap-2ap und 2ap-1ap befinden sich die Anteile in einem Bereich von 50-60%. In den abkalbungsrelevanten Zeitabschnitten 1ap-partus und partus-1pp kommt es zu einem durchschnittlichen Rückgang der Werte auf 40,3% bzw. 35,7%. Die Zeitabschnitte 1pp-2pp sowie 2pp-3pp ziehen einen leichten Anstieg der Harmonischen Anteile nach sich, wobei der Stand a. p. nicht erreicht wird.

Ähnlich den Standardabweichungen der LKG sind die der Harmonischen Anteile bei der Brustbeinlage deutlich unter dem Niveau der Schrittaktivität. Am geringsten ist s^2 im Zeitabschnitt 4ap-3ap mit 10,4%. Der höchste Wert wurde im Zeitabschnitt partus-1pp mit 35,5% ermittelt. Damit tritt die geringste Streuung unter den Harmonischen Anteilen innerhalb der Bewegungsaktivität bei der Brustbeinlage auf. Da die Harmonischen Anteile der Brustbeinlage im Gegensatz zur Schrittaktivität generell höhere Werte aufweisen, ist auch ein Rückgang auf unter 20% in der abkalbungsrelevanten Zeit in nur wenigen Fällen zu verzeichnen. Die Betrachtung der Einzeltierverläufe zeigt, dass eine Verringerung im Bereich um 40% realistisch ist.

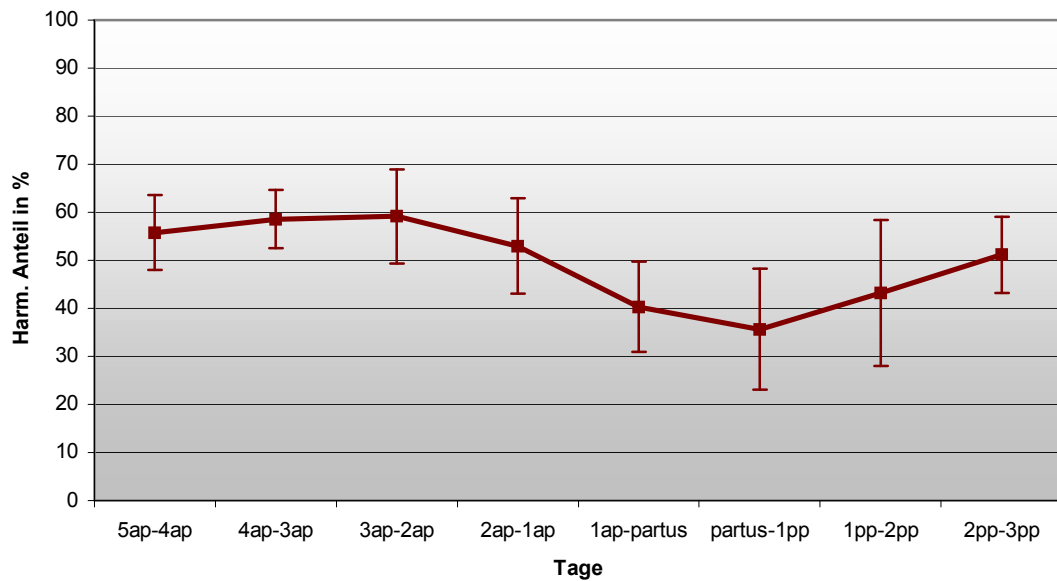


Abbildung 40: Brustbeinlage – Harmonische Anteile im Gruppenmittel der 20 Abkalbungen in der Zeit 5ap-3pp

In Abbildung 41 sind, die Kurvenverläufe der Harmonischen Anteile mit einem Rückgang in beiden abkalbungsrelevanten Zeitabschnitten auf unter 40% grafisch dargestellt. Die Verläufe der einzelnen Tiere sind zwar sehr unterschiedlich, der Rückgang aber in den Zeitabschnitten 1ap-partus und partus-1pp in allen Fällen prägnant.

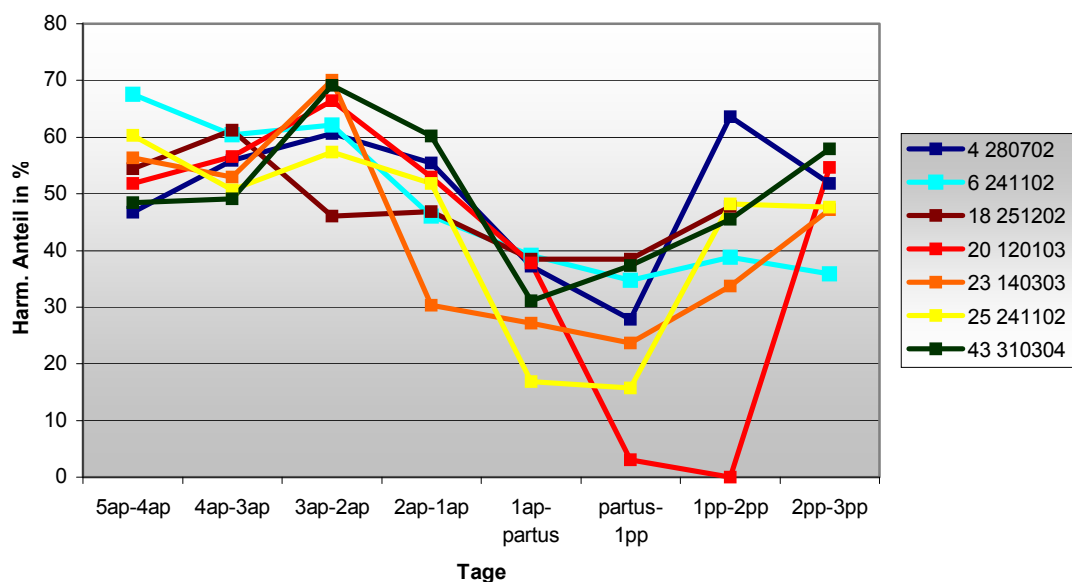


Abbildung 41: Brustbeinlage - Mutterkühe mit einem Harmonischen Anteil bis 40% in den Zeitabschnitten 1ap-partus und partus-1pp sowie einer absinkenden Tendenz

Auffällig sind zum wiederholten Mal die Verläufe der Tiere 20 120103, 23 140303 und 25 241102. Bei Kuh 23 setzt diese Entwicklung bereits im Zeitabschnitt 2ap-1ap ein und hält bis zum Zeitabschnitt partus-1pp an. Danach steigt der Verlauf wieder an. Bei Kuh 25 241102 erscheint der Einschnitt in den Zeitabschnitten 1ap-partus und partus-1pp mit Werten von 16,9% bzw. 15,7% besonders drastisch, berücksichtigt man das Niveau der Harmonischen Anteile in den anderen Zeitabschnitten a. p und p. p. Die mit Abstand niedrigsten Werte wurden bei Kuh 20 120103 für die Zeitabschnitte partus-1pp und 1pp-2pp errechnet. Auch hier ist der Rückgang im Vergleich zu den übrigen Zeitabschnitten überaus groß. Die beschriebenen Tiere zeigten diese Entwicklung bereits in den LKG der Brustbeinlage.

11 weitere Abkalbungen sind in Abbildung 42 dargestellt. Bei allen Tieren gibt es einen sichtbaren Rückgang der Harmonischen Anteile in zumindest einem der abkalbungsrelevanten Zeitabschnitte. In 7 Fällen wurden 40% unterschritten. Bei den übrigen Tieren lagen die Werte in den Zeitabschnitten 1ap-partus oder partus-1pp im Bereich von 41,0-43,8%. Den mit Abstand deutlichsten Rückgang zeigt Kuh 34 180303. Diese Entwicklung war in den Ergebnissen der LKG nicht zu erkennen. Das Tier hatte eine völlig normale Abkalbung und brachte ein gesundes Kalb zur Welt. Im Gegensatz dazu wiederholt sich der Verlauf der LKG von Kuh 28 120303 in den Harmonischen Anteilen. Mit 17,5% wird im Zeitabschnitt 1pp-2pp der niedrigste Wert erreicht, nachdem der Harmonische Anteil im Zeitabschnitt partus-1pp bereits auf 33,2% gesunken ist.

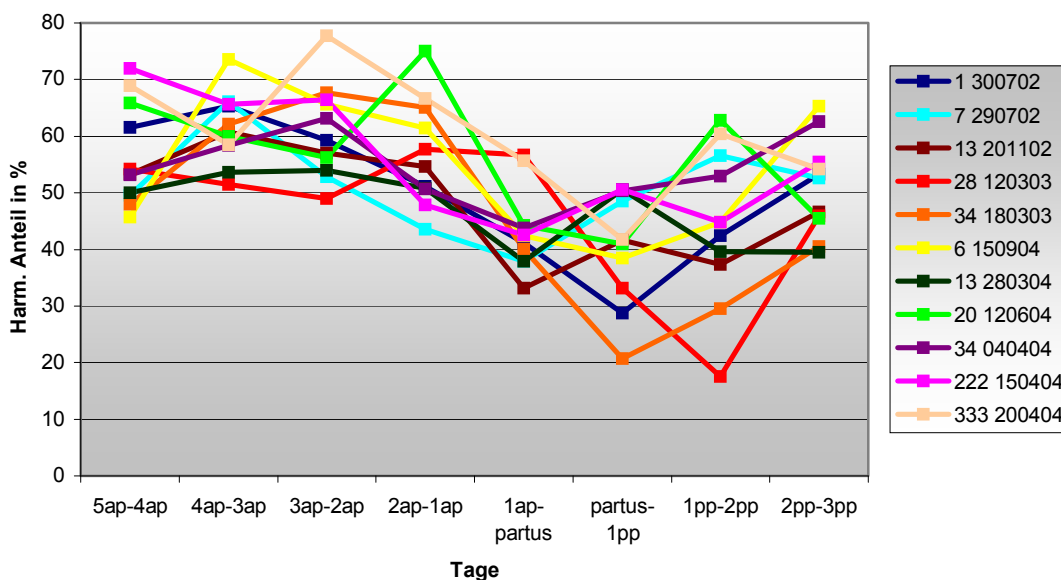


Abbildung 42: Brustbeinlage - Mutterkühe mit einem Harmonischen Anteil bis 40% im Zeitabschnitt 1ap-partus oder partus-1pp und/ oder einer absinkenden Tendenz

In den Untersuchungen der LKG der Brustbeinlage stellte sich heraus, dass unter anderem die Tiere 18 290304 und 111 020404 keine eindeutige Tendenz, bezogen auf die abkalbungsrelevanten Zeitabschnitte, vorweisen.

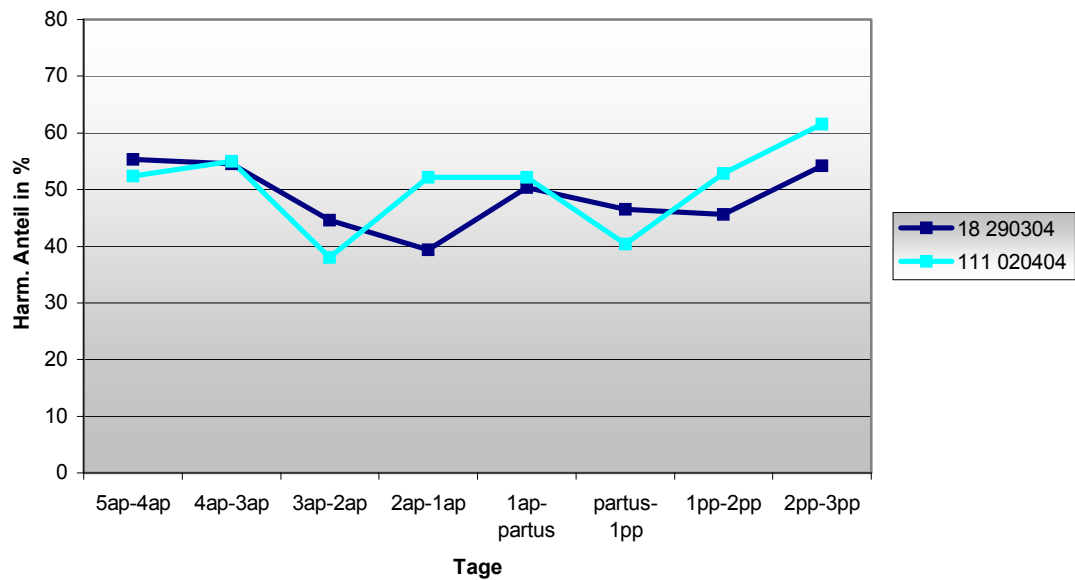


Abbildung 43: Mutterkühe mit einem Harmonischen Anteil über 40% in den Zeitabschnitten 1ap-partus oder partus-1pp bzw. keiner eindeutigen Tendenz

Das gleiche Bild ergab die Auswertung der Harmonischen Anteile. Kuh 18 290304 zeigt einen Rückgang auf 39,4% im Zeitabschnitt 2ap-1ap und bei Kuh 111 020404 sind zwei Einschnitte im Bereich um 40% im Zeitabschnitt 3ap-2ap und partus-1pp zu erkennen.

5.2.9 Seitenlage im Gruppenmittel der 20 Abkalbungen in der Zeit 5ap-3pp

Die Bedeutung der Seitenlage bezogen auf die Gesamtliegezeit ist als sehr gering einzustufen. Bei einer Betrachtung der Gesamtliegezeit von 0-24 Uhr ist zu erkennen, dass die Seitenlage im Gruppenmittel der Herde von 5ap-2ap 19-27 Minuten, im Zeitraum 1ap und partus 36-38 Minuten und von 1pp-3pp 30-31 Minuten aufweist. Im Verhältnis zur Gesamtliegezeit beträgt der prozentuale Anteil nicht weniger als 3,2% und nicht mehr als 6,6%. Beide Maxima sowohl die Minutenzahl, als auch der Anteil an der Gesamtliegezeit treten am Tag vor der Abkalbung auf. Analysiert man die Verteilung der Seitenlage in den 4-Stunden Tageszeitabschnitten (Abbildung 44), fällt auf, dass im Verlauf der Zeitachse von 5ap-3pp zu keinem Zeitpunkt mehr als 15 Minuten in 4 Stunden in der Seitenlage verbracht wurden. Die Maxima in den einzelnen Tageszeitabschnitten treten entweder 1ap-partus oder 1pp-3pp auf. Eine eindeutige Tendenz kann nicht festgestellt werden, was auf ein sporadisches Auftreten der Seitenlage hindeutet.

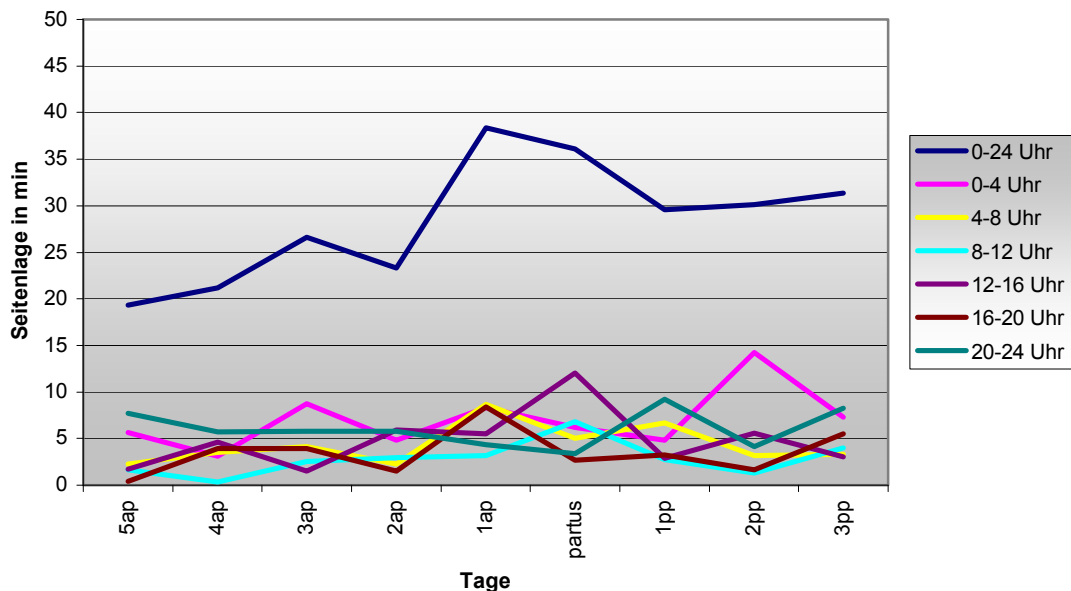


Abbildung 44: Gruppenmittel der Zeit in Seitenlage von 20 Abkalbungen – Anteile der 4-Stunden Tageszeitabschnitte

Die Verteilung der Seitenlage in den 8-Stunden Tageszeitabschnitten offenbart besonders für die Zeit zwischen 8-16 Uhr einen Anstieg mit dem Peak von durchschnittlich 18,8 Minuten am Abkalbungstag (Abbildung 45).

In diesem Zusammenhang muss auf die Standardabweichung hingewiesen werden. Diese liegt zwischen 8-16 Uhr an allen relevanten Messtagen außer am 3. Tag p. p. über dem Mittelwert.

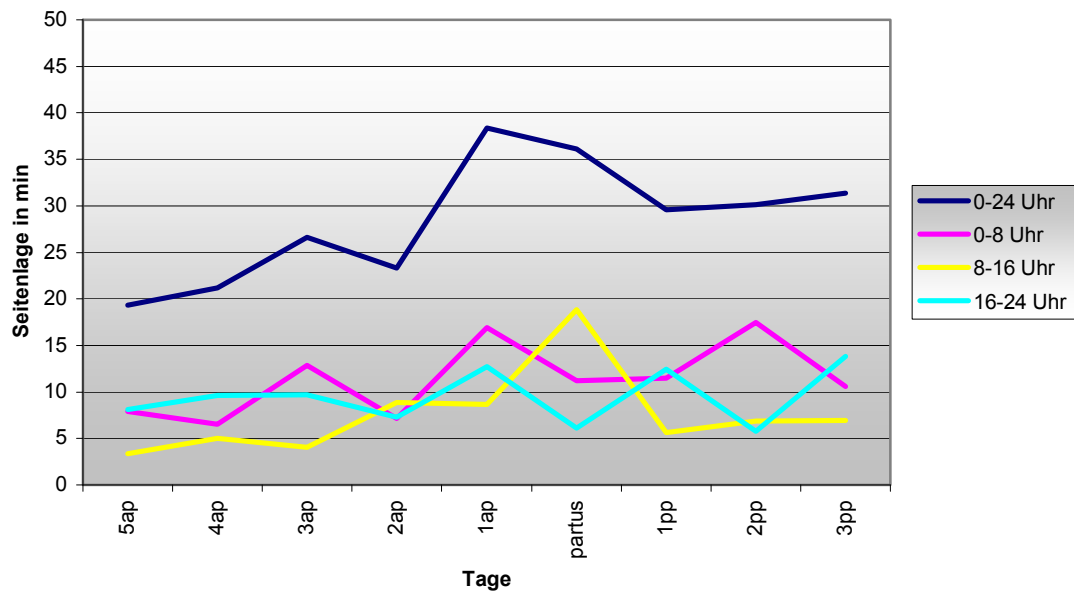


Abbildung 45: Gruppenmittel der Zeit in Seitenlage von 20 Abkalbungen – Anteile der 8-Stunden Tageszeitabschnitte

Betrachtet man die Entwicklung der Zeit in Seitenlage in den 12-Stunden Tageszeitabschnitten, wird noch einmal deutlich, dass beide eine ansteigende Tendenz zum 1. Tag a. p. mit Peaks von 20,1 Minuten (0-12 Uhr) und 18,3 Minuten (12-24 Uhr) zeigen (Abbildung 46).

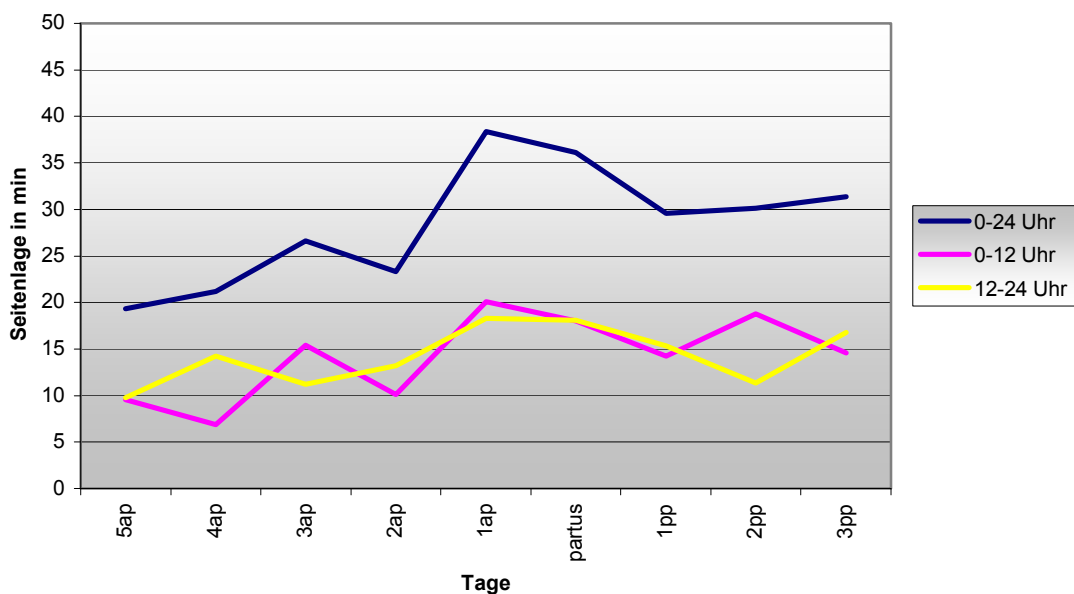


Abbildung 46: Gruppenmittel der Zeit in Seitenlage von 20 Abkalbungen – Anteile der 12-Stunden Tageszeitabschnitte

Zudem neigen die Mutterkühe dazu, nach der Abkalbung (1pp-3pp) mehr Zeit in der Seitenlage zu verbringen. Im Zeitraum 5ap-2ap werden in beiden Tageszeitabschnitten zwischen 6,9-15,4 Minuten zur Seitenlage genutzt, während p. p. die Spanne 11,3-18,8 Minuten beträgt. In welchem Tageszeitabschnitt die Tiere generell mehr Zeit in der Seitenlage verbringen, kann über die Messtage nicht eindeutig festgestellt werden.

Wie nach der Beschreibung der 8-Stunden Tageszeitintervalle zu erwarten ist, liegt die Standardabweichung beider 12-Stunden Tageszeitintervalle über dem Mittelwert des jeweiligen Tages. Ausnahme ist lediglich der 3. Tag p. p. zwischen 12-24 Uhr. Hier liegt das Maß der Streuung 2,9 Minuten unter dem Mittelwert. Gerade das Verhältnis von Standardabweichung und Mittelwert sowie der geringe Zeitumfang der Seitenlage an der Gesamtliegezeit machen eine kritische Bewertung dieser Variable der Bewegungsaktivität notwendig.

Der im Gruppenmittel hervortretende Anstieg unmittelbar vor der Geburt ist unter Umständen auf die aufgetretenen Schweregeburten zurückzuführen. Die Werte von Mutterkühen mit Geburtsproblemen (n=5) betragen z. B. am Abkalbungstag von 0-24 Uhr zwischen 61-241 Minuten, während für Normalgeburten (n=15) zwischen 0-59 Minuten Liegezeit in Seitenlage vorzuweisen sind.

5.2.10 Mittelwertvergleich der Seitenlage ante partum, partus und post partum

Wie bereits festgestellt wurde, hat die Seitenlage mit einem maximalen Anteil von 6,6% bzw. 38 Minuten in 24 Stunden einen äußerst geringen Einfluss, sowohl auf die Gesamtliegezeit, als auch auf den gesamten Tagesrhythmus der Tiere. Aus diesem Grund ist es nicht überraschend, dass im Vergleich der Zeiträume a. p., partus und p. p. untereinander keine signifikanten Unterschiede errechnet werden konnten. Einzige Ausnahme bildet der Tageszeitabschnitt 8-12 Uhr in der Gegenüberstellung der Zeiträume a. p. und p. p. (Tabelle 26). Bei Betrachtung der Mittelwerte wird deutlich, dass den Werten an sich und den Differenzen mit einem geringen Signifikanzniveau, ebenso wie der Seitenlage insgesamt, wenig Bedeutung beigemessen werden kann.

Tabelle 26: Vergleich der Zeit in Seitenlage a. p. und p. p.

TAGESZEIT	ZEITRAUM	n	MW	STABW	MIN	MAX	SIGNIFIKANZ
8-12 Uhr	5ap-2ap	20	2,2	6,1	0	38	0,032*
	1pp-3pp	20	3,6	7,8	0	44	

Auf die Anwendung der Lowessfunktion wurde verzichtet, da die Glättung zur Ermittlung eines Trends bei der selten vorkommenden Seitenlage als nicht sinnvoll erachtet wird.

5.2.11 Einzeltieranalyse der Seitenlage mit der Fourieranalyse

Da die Seitenlage im Tagesverlauf der Mutterkühe eine äußerst geringe Rolle spielt, ist eine gleichmäßige Verteilung über den gesamten Tagesverlauf nicht zu erwarten. Die Fourieranalyse der Seitenlage bestätigt diese Annahme. Im Vergleich zur Schritttaktivität sind die LKG im Gruppenmittel bereits auffällig gering (Abbildung 47). Zudem liegt die Standardabweichung in jedem Zeitabschnitt über dem Mittelwert. Eine Verringerung der LKG in den Zeitabschnitten 1ap-partus und partus 1pp ist ebenfalls nicht zu erkennen. Die geringen LKG über die gesamte Zeit resultierten aus der Gegebenheit, dass nur bei einem Tier überhaupt für jeden Zeitabschnitt ein LKG berechnet werden konnte. Die meisten Mutterkühe weisen in mehreren Zeitabschnitten LKG von 0% auf. Bei 2 Tieren konnte für insgesamt 4 Zeitabschnitte kein LKG errechnet werden, da in dieser Zeit keine Seitenlage stattfand.

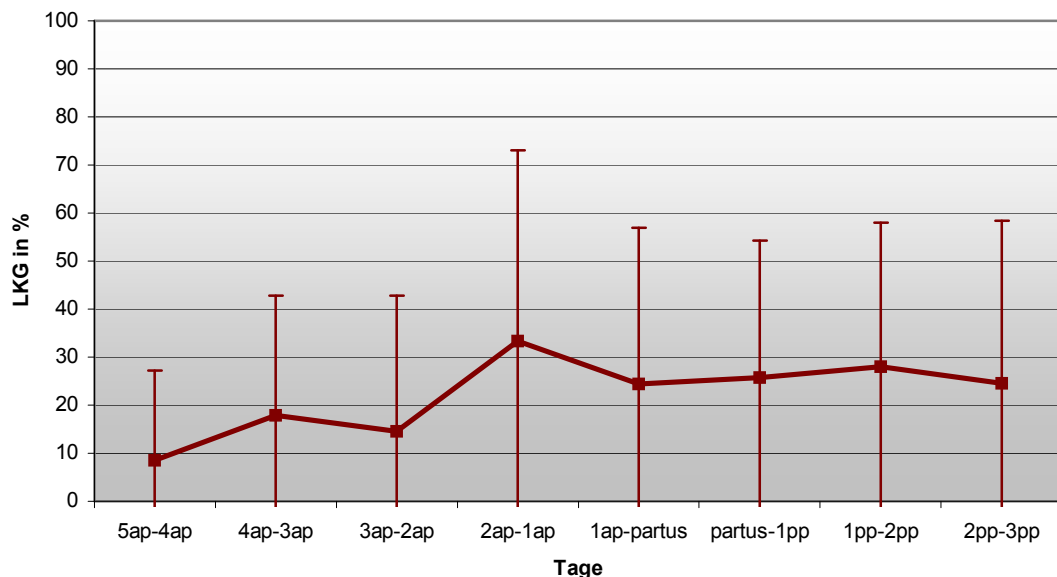


Abbildung 47: Seitenlage - LKG im Gruppenmittel der 20 Abkalbungen in der Zeit 5ap-3pp

Für die Harmonischen Anteile der Seitenlage gelten über die gesamte Zeitreihe grundsätzlich die gleichen Aussagen, wie sie für die LKG bereits gemacht wurden. Da die Harmonischen Anteile 0% nicht überschreiten wenn der LKG 0% entspricht, kommt es zu der gleichen Verteilung der Werte. Die Harmonischen Anteile liegen prozentual aber unter den Werten der LKG, was die Erwartungen erfüllt (Abbildung 48).

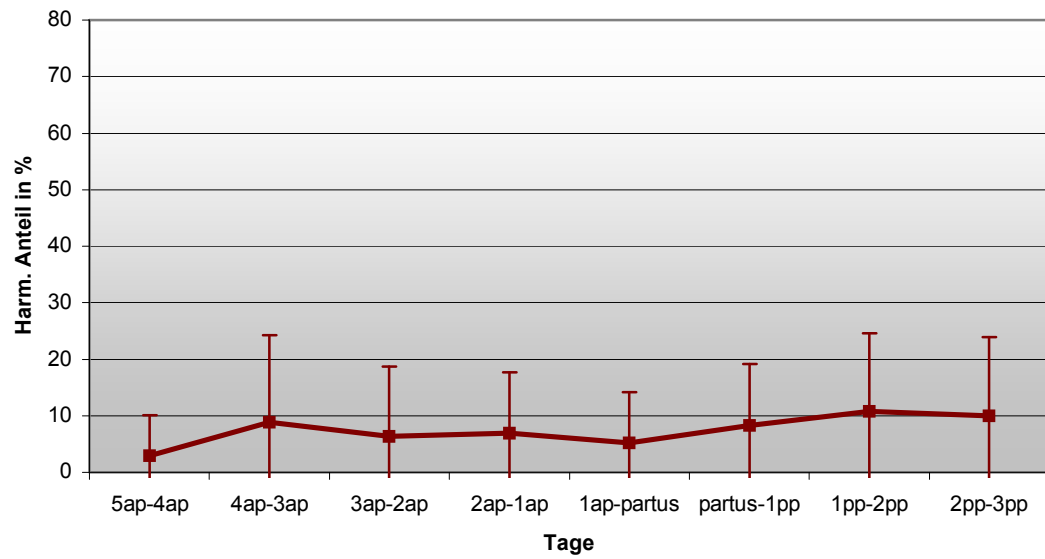


Abbildung 48: Seitenlage – Harmonischer Anteil im Gruppenmittel der 20 Abkalbungen in der Zeit 5ap-3pp

Die fourieranalysierten Daten der Seitenlage lassen die eindeutige Aussage zu, dass die Tiere diesbezüglich keinen nachweisbaren Rhythmus bzw. keine Periodik haben. Die Seitenlage wird von den Mutterkühe eher spontan und nur kurzzeitig eingenommen. Des Weiteren ist bei dieser Auswertungsmethode nicht zu erkennen, ob ein Abkalbungsereignis Einfluss auf die verbrachte Zeit in Seitenlage hat. Auch bei den Schweregeburten, die in der Mittelwertbetrachtung eine erhöhte Seitenlage aufwiesen, konnte die Fourieranalyse keine Erkenntnisse bringen.

5.2.12 Beziehungen zwischen den Variablen des Parameters Bewegungsaktivität im geburtsnahen Zeitraum

Die Tabellen 27-29 zeigen den Zusammenhang der Variablen Schritttaktivität, Brustbeinlage und Seitenlage untereinander im geburtsnahen Zeitraum. Dieser differenziert sich hier wiederum in die Zeiträume ante partum (5ap-2ap), partus (1ap, partus) und post partum (1pp-3pp).

Tabelle 27: Korrelationskoeffizienten zwischen Schritttaktivität und Brustbeinlage im geburtsnahen Zeitraum

Tageszeit	5ap-2ap	1ap-partus	1pp-3pp
0-24 Uhr	-0,46***	-0,46**	-0,44***
0-12 Uhr	-0,34**	-0,56***	-0,52***
12-24 Uhr	-0,58***	-0,50***	-0,48***
0-8 Uhr	-0,36***	-0,67***	-0,36**
8-16 Uhr	-0,58***	-0,52***	-0,69***
16-24 Uhr	-0,70***	-0,57***	-0,38**
0-4 Uhr	-0,71***	-0,76***	-0,44***
4-8 Uhr	-0,65***	-0,63***	-0,45***
8-12 Uhr	-0,67***	-0,69***	-0,74***
12-16 Uhr	-0,54***	-0,41**	-0,62***
16-20 Uhr	-0,55***	-0,56***	-0,36**
20-24 Uhr	-0,81***	-0,53***	-0,67***

Zwischen Schritttaktivität und Brustbeinlage besteht in allen Zeiträumen und Tageszeitabschnitten durchgängig eine negative Korrelation (Tabelle 27). Demzufolge sinkt mit Zunahme der gezählten Schrittpulse die Zeit in der Brustbeinlage. Die Korrelationskoeffizienten bewegen sich zwischen -0,34 im Tageszeitabschnitt 0-12 Uhr (5ap-2ap) und -0,81 (5ap-2ap) im Tageszeitabschnitt 20-24 Uhr. Alle errechneten Korrelationen sind mittel bis hoch signifikant. Tendenziell steigt die Korrelation je kleiner die Zeitspanne der gewählten Tageszeitabschnitte ist. Dass sich die Koeffizienten je nach Zeitraum ändern, ist nicht eindeutig festzustellen.

Das Verhältnis von Schrittzahl und Seitenlage ist durch eine große Spannweite zwischen den Korrelationskoeffizienten gekennzeichnet. Wie aus Tabelle 28 ersichtlich wird, liegen sie zwischen -0,27 (0-4 Uhr 5ap-2ap) bis 0,42 (0-24 Uhr 1ap-partus) und damit sowohl im negativen als auch positiven Bereich.

Tabelle 28: Korrelationskoeffizienten zwischen Schrittaktivität und Seitenlage im geburtsnahen Zeitraum

Tageszeit	5ap-2ap	1ap-partus	1pp-3pp
0-24 Uhr	0,05	0,42**	0,22
0-12 Uhr	-0,11	0,20	-0,04
12-24 Uhr	-0,12	0,19	0,19
0-8 Uhr	-0,15	0,15	-0,01
8-16 Uhr	-0,08	0,25	0,20
16-24 Uhr	-0,17	0,12	-0,01
0-4 Uhr	-0,27*	0,10	-0,07
4-8 Uhr	-0,09	0,00	-0,04
8-12 Uhr	-0,18	0,02	-0,19
12-16 Uhr	-0,24*	0,25	0,07
16-20 Uhr	-0,02	-0,14	-0,13
20-24 Uhr	-0,23*	0,08	-0,14

Drei Korrelationskoeffizienten (0-4 Uhr, 12-16 Uhr, 20-24 Uhr 5ap-2ap) zeigen ein niedriges Signifikanzniveau. Auf einem mittleren Signifikanzniveau korreliert die Schrittaktivität mit der Seitenlage in der Zeitspanne 0-24 Uhr 1ap-partus. Der Korrelationskoeffizient von 0,42 zeigt, dass, im unmittelbar durch das Ereignis Geburt beeinflussten Zeitraum, die Seitenlage mit der Schrittzahl zunimmt. Die anderen errechneten Koeffizienten lassen keinen eindeutigen Zusammenhang zwischen den Variablen erkennen.

Zwischen Brustbeinlage und Seitenlage ist die Spannweite der Korrelationskoeffizienten ähnlich hoch wie zwischen Schrittaktivität und Seitenlage. Sie umfassen ebenfalls den negativen Bereich mit -0,16 (0-8 Uhr 1pp-3pp) im Minimum und den positiven Bereich mit 0,40 (8-12 Uhr 1pp-3pp, 20-24 Uhr 1ap-partus) im Maximum. In den 24-, 12- und 8-Stunden Tageszeitabschnitten fallen die Korrelationskoeffizienten so niedrig aus, dass kein Zusammenhang zwischen den Variablen erkennbar ist. Zudem liegen keine Signifikanzen vor.

Die 4-Stunden Tageszeitabschnitte weisen besonders in der zweiten Tageshälfte positive Korrelationen auf. Die beiden Koeffizienten 0,25 (12-16 Uhr 5ap-2ap) und 0,31 (16-20 Uhr 1pp-3pp) liegen ebenfalls niedrig, haben jedoch bereits ein geringes Signifikanzniveau. Zwei Korrelationskoeffizienten mit jeweils 0,40 zeigen Signifikanzen auf mittlerem (16-20 Uhr 1ap- partus) und hohen (8-12 Uhr 1pp-3pp) Niveau.

Tabelle 29: Korrelationskoeffizienten zwischen Brustbeinlage und Seitenlage im geburtsnahen Zeitraum

Tageszeit	5ap-2ap	1ap, partus	1pp-3pp
0-24 Uhr	-0,06	-0,08	-0,06
0-12 Uhr	-0,01	-0,03	0,07
12-24 Uhr	0,01	0,20	0,00
0-8 Uhr	0,03	0,11	-0,16
8-16 Uhr	0,12	-0,03	-0,10
16-24 Uhr	0,11	0,14	0,09
0-4 Uhr	0,14	0,08	-0,11
4-8 Uhr	-0,03	0,30	0,08
8-12 Uhr	0,20	0,15	0,40***
12-16 Uhr	0,25*	0,09	-0,03
16-20 Uhr	0,21	0,40**	0,31*
20-24 Uhr	0,02	-0,05	0,04

5.3 Diskussion zum Parameter Bewegungsaktivität im geburtsnahen Zeitraum

Der Parameter Bewegungsaktivität mit den Variablen Schrittaktivität, Brustbeinlage und Seitenlage dient zur Beschreibung des Bewegungs- und Ruheverhaltens von Mutterkühen. Die unmittelbar bevorstehende Geburt eines Kalbes wirkt sich nachweislich auf dieses Verhalten von weiblichen Rindern aus. Allgemein spricht man von einer gesteigerten Unruhe ca. 3-6 Stunden vor der Abkalbung (Süss, ANDREAE 1984; STRAITON 1991), die bis weit nach der Abkalbung anhalten kann. Die peripartale Unruhe mit Auswirkungen auf die Bewegungsaktivität geht z. B. auf die Suche nach einem geeigneten Geburtsort, auf das häufige Aufstehen und Abliegen in kurzen Abständen vor der Abkalbung sowie einer intensiven Interaktion von Mutterkuh und Kalb nach der Abkalbung zurück.

5.3.1 Schrittaktivität

Die beschriebene Unruhe spiegelt sich häufig in der Schrittaktivität, als Variable des Parameters Bewegungsaktivität wider. Wie die Betrachtung der Gruppenmittel zeigt, steigert sich die Anzahl der gezählten Schrittpulse am Tag 1ap und am Abkalbungstag deutlich im Vergleich zu den übrigen Messtagen. Das trifft nicht nur auf die Schrittaktivität innerhalb von 24 Stunden zu. Die Unterteilung in 4-, 8- und 12-Stunden Tageszeitabschnitte offenbart zu welcher Tageszeit eine Erhöhung der Schrittaktivität vorliegt. Die kleinste Auflösung der 4-Stunden Tageszeitabschnitte erbringt sichtbare Anstiege in der Zeit 16-20 Uhr und 20-24 Uhr am Tag 1ap und 0-4 Uhr am Abkalbungstag. Damit ist eine Veränderung der Schrittaktivität im Zusammenhang mit der Abkalbung besonders in den Abend- und Nachtstunden zu verzeichnen. Der zirkadiane Rhythmus wird durch den Tag-Nacht-Wechsel im Sinne einer Zeitgeberwirkung gesteuert. Bei Rindern, als tagaktive Tiere, setzt nach Einbruch der Dunkelheit eine langanhaltende Ruhephase ein. HASSOUN (2002) zufolge entfallen 75% der gesamten Graseaktivität auf die Tageslichtperiode, während sich das Wiederkauen und demzufolge auch die Ruheperiode in den Nachtstunden konzentriert. So vermutete SAMBRAUS bereits 1978, dass insbesondere nachts eine Unruhe im präpartalen Zeitraum erfassbar wäre. Die Bildung der 8-Stunden Tageszeitabschnitte bestätigt die gewonnene Erkenntnis mit stark erhöhten Werten der Schrittaktivität am Tag 1ap zwischen 16-24 Uhr und am Abkalbungstag zwischen 0-8 Uhr. Wann sich die Schrittaktivität im Einzelnen erhöht, hat mit dem Zeitpunkt der Abkalbung zu tun. Bei Mutterkühen, die in den Morgenstunden des Abkalbungstages ihr Kalb auf die Welt brachten (n=10), setzten die physiologischen Vorbereitungen zur Geburt bereits in den Abendstunden des Vortages ein. Zu berücksichtigen sind tierindividuelle Unterschiede und der Status des Tieres.

Diese 10 Tiere sind hauptsächlich für die Steigerung der Schrittaktivität im Gruppenmittel am Tag 1ap verantwortlich. Die anderen 10 Mutterkühe kalbten sehr verstreut über die zweite Hälfte des Abkalbungstages, so dass auch die ersten Anzeichen sehr unterschiedlich im Tagesverlauf einsetzten. Der Anstieg in der Schrittaktivität beschränkt sich am Abkalbungstag auf die erste Tageshälfte. Er ist zum einen auf die Mutterkühe zurückzuführen, deren Abkalbung noch bevorsteht. Zum anderen ist es möglich, dass die bereits abgekalbten Tiere nach wie vor eine erhöhte Schrittaktivität aufweisen, die wahrscheinlich mit einer erhöhten Aufmerksamkeit und Nervosität zusammenhängt. Im postpartalen Zeitraum (1pp-3pp) bleibt eine leichte Erhöhung der Schrittaktivität gegenüber dem präpartalen Zeitraum (5ap-2ap) besonders in der Zeit von 0-12 Uhr erhalten. Dagegen nähert sich die Schrittaktivität p. p. in der Zeit von 12-24 Uhr wieder stark dem Niveau a. p. an. Dass diese Unterschiede trotz zum Teil hoher Standardabweichungen Signifikanzen aufweisen, zeigen die Mittelwertvergleiche. Ein Vergleich der Zeiträume 5ap-2ap mit 1pp-3pp und 5ap-2ap mit 1ap-partus erbrachte signifikante Differenzen in den Tageszeitabschnitten der ersten Tageshälfte, wobei die gezählten Schritimpulse im Abkalbungszeitraum und p. p. immer über den Werten a. p. lagen. Gering signifikant war in der zweiten Tageshälfte nur der Unterschied zwischen 1ap-partus und 1pp-3pp im Tageszeitintervall 12-24 Uhr mit weniger gezählten Schritimpulsen p. p.. Dass die signifikanten Differenzen hauptsächlich in den Tageszeitabschnitten der ersten Tageshälfte auftraten, ist unter anderen mit dem allgemein niedrigen Aktivitätsniveau der Tiere zu dieser Tageszeit erklärbar. Die eintretende Unruhe im Zuge einer bevorstehenden Kalbung bzw. die erhöhte Aufmerksamkeit der Mutterkuh p. p. lässt die Schrittaktivität im Vergleich so stark ansteigen, dass der Unterschied selbst bei einer hohen Streuung statistisch zu sichern ist. Im Tagesrhythmus liegt die durchschnittliche Schrittaktivität unter normalen Bedingungen in der zweiten Tageshälfte mindestens 2.500 gezählte Schritimpulse über dem Niveau der ersten Tageshälfte. Das bedeutet eine höhere Aktivität der Tiere zwischen 12-24 Uhr. Diese Ergebnisse bestätigt auch SCHMIDT (2004) mit Auswertungen zur Schrittaktivität von 6 Mutterkühen die im Untersuchungszeitraum nicht kalbten oder bereits ein älteres Kalb führten. Eine Steigerung der Schrittaktivität im Zusammenhang mit einem Geburtseignis ist deshalb hier nicht unbedingt auffällig, obwohl auch bei Tieren mit einer Geburt am späten Nachmittag und Abend das spezifische Verhaltensmuster in Vorbereitung auf die Abkalbung zu beobachten war.

Im Allgemeinen ließe sich vermuten, dass sich z. B. äußere Einflüsse wie klimatische Bedingungen (Jahreszeiten) auf die Schrittaktivität auswirken und die Ergebnisse der Untersuchungen mitbestimmen. Eigene zusätzliche Berechnungen ergaben aber diesbezüglich für die Schrittaktivität in 24 Stunden keine signifikanten Unterschiede zwischen Abkalbungen im Winter und Abkalbungen im Frühjahr/ Sommer. Aus der Arbeit von SCHMIDT (2004) geht ebenfalls hervor, dass die Schrittaktivität der Mutterkühe durch einen Anstieg der Tagestemperatur von durchschnittlich ca. 18 °C auf durchschnittlich ca. 25 °C mit einem Tagesmaximum von fast 30 °C nicht wie vermutet zu einer Verringerung der Schrittaktivität an solchen Tagen führt, sondern konstant bleibt bzw. auch höher sein kann.

Da sich Rinder in der Herde bewegen und diesen Verband unter normalen Umständen nicht verlassen, wirkt sich der Herdenrhythmus, z. B. bei der Erschließung neuer Nahrungsgründe, entscheidender auf die Schrittaktivität der Individuen aus, als das vorherrschende Wetter. Dementsprechend kann die Streuung der registrierten Schrittimpulse zwischen den Tagen bei einem einzelnen Tier größer sein als die Streuung zwischen allen Tieren an einem Tag (SCHMIDT 2004). Nicht außer Acht zu lassen sind die verhaltensspezifischen Differenzen zwischen den einzelnen Rindern, welche sich auch im geburtsnahen Zeitraum sehr deutlich zeigen. Nach ZERBE (1997) stellt das individuelle Aktivitätsmuster von Mutterkühen eine gewisse Problematik dar. Sein Langzeitmonitoring mit dem Telemetriesystem ETHOSYS beinhaltet auch Abkalbungen. Dabei reagierten im Rahmen einer Abkalbung nicht alle Tiere mit einer sichtbaren Aktivitätserhöhung. Andere Faktoren könnten außerdem zu einer Aktivitätszunahme beigetragen haben. Diese Erkenntnisse lassen sich in ähnlicher Weise aus den vorliegenden Ergebnissen dieser Arbeit ableiten. Zwar liegt hier keine Langzeitstudie vor, aber grundsätzlich bestätigt die Trendanalyse der Originaldaten mit der Lowessfunktion die Ergebnisse von ZERBE (1997). Herzfrequenzmessungen von LEHR (1997) haben gezeigt, dass es ab 48 Stunden vor einer Abkalbung zu einer kontinuierlichen Erhöhung der Herzfrequenz kommen kann. Diese könnte als ein deutliches Anzeichen von Nervosität, infolge des bevorstehenden Ereignisses gewertet werden. Über die Zusammenhänge zwischen Herzfrequenz und Schrittaktivität im geburtsnahen Zeitraum sind aber kaum Erkenntnisse vorhanden. Im abkalbungsrelevanten Zeitraum der vorliegenden Untersuchungen trat nur bei 40% der Ereignisse ein visuell deutlich identifizierbares Maximum der Schrittaktivität auf. Die Konzentration auf die Betrachtung der Maxima in diesem Bereich erscheint deshalb einseitig. Z. B. zeigen die Kühe 20 120604 und 43 310304 unmittelbar vor der Abkalbung keine dauerhaften Extremwerte, die sich durch die Anwendung der Lowessfunktion herauskristallisieren. Eine genaue Betrachtung offenbart dagegen einen Rückgang der Schrittaktivität in der Zeit von 12-24 Uhr am Abkalbungstag. Erst am Tag 1pp tritt das Maximum aller Messtage in der Schrittaktivität auf. Grundsätzlich ist eine Änderung des Verhaltens im Zusammenhang mit einer Geburt zu erkennen, dennoch resultiert daraus nicht unweigerlich die erwartete Steigerung der Schrittaktivität besonders vor der Abkalbung. Messungen zum Aktivitätsniveau von Tieren im geburtsnahen Zeitraum sind bisher selten. LIDFORS ET AL. (1994) verweist bei Rindern ebenfalls auf eine Aktivitätssteigerung vor und während der Abkalbung. LANGBEIN, SCHEIBE, EICHHORN (1998) stellten bei 5 freilebenden Mufflonschafen hingegen signifikant geringere Aktivitätsniveaus an 2-3 Tagen im Zeitraum des Ablammens fest.

Der Kurvenverlauf einiger Mutterkühe zeigte neben dem Zeitraum 1ap-partus auch an anderen Tagen Trendänderungen. Bei den Tieren 1 300702, 25 241102, 28 120303, 13 280304, 111 020404 und 6 150904 sind die Peaks an den Tagen 3ap, 5ap, 4ap bzw. 2ap deutlicher ausgeprägt als unmittelbar vor und während der Abkalbung. Eine zweifelsfreie Erklärung anhand der Protokolle mit den Verhaltensaufzeichnungen ist an dieser Stelle nicht möglich.

Prinzipiell wäre jedoch denkbar, dass die bevorstehende Geburt erste Unruheerscheinungen hervorruft, worauf die Tiere mit vermehrtem Gehen/ Laufen reagieren, z. B. wenn sich das Kalb bewegt (Einnahme der Geburtsposition) und dadurch eventuell Schmerzen hervorruft. LIDFORS ET AL. (1994) fanden heraus, dass bereits mehrfach gekalbte Kühe am Tag 5ap ca. 18% der Beobachtungszeit mit Gehen/ Laufen verbrachten. Dieses Niveau wurde dann erst wieder am Tag 1ap mit ca. 21% erreicht. LIDFORS ET AL. (1994) konnten aber keine signifikanten Unterschiede im beobachteten Verhalten zwischen den einzelnen der 5 einbezogenen Tage vor der Abkalbung identifizieren. PHILLIPS (2002) beschreibt eine steigende Ruhelosigkeit 1-2 Wochen vor der Kalbung, die sich in den letzten Tagen vor dem Ereignis intensiviert.

Die Anwendung der Lowessfunktion als ein Mittel der Zeitreihenanalyse eignet sich sehr gut zur Darstellung der Schritttaktivität im Trendverlauf. Bisher ist die Verwendung dieser mathematischen Funktion im Rahmen von verhaltensanalytischen Maßnahmen in der Nutztierhaltung nicht bekannt. Da sie keine Ansprüche an den Funktionstyp stellt, kann sie problemlos zum Glätten jedes zweidimensionalen Scatterplots genutzt werden. Im Fall der vorliegenden Untersuchungen wurde dementsprechend aus den Originalwerten (Anzahl: 2.592) ein visuell bewertbarer Kurvenverlauf erzeugt, der gerade durch die Wahl kleiner Zeitintervalle (5min) in der Datenerfassung, sehr genau ist. So stellten beispielsweise HIRATA ET AL. (2002) fest, dass kleine Aufzeichnungsintervalle von 1-5 Minuten das Grase-, Wiederkau- und Ruheverhalten zuverlässiger widerspiegeln als Aufzeichnungsintervalle von 10-30 Minuten. Die Nachbarschafts- und Robustheitsgewichtung sorgt für eine Abdämpfung von potenziellen Ausreißern, so dass keine Zyklen hervorgerufen werden, die in der ursprünglichen Zeitreihe nicht vorhanden waren. Anhand dieser Methode wäre es auch möglich, die bevorstehende Geburt bereits einige Stunden vor der Abkalbung zu erkennen. Das gilt hier zumindest für 40% der Tiere mit einer visuell deutlich erkennbaren Erhöhung der Schritttaktivität vor und während der Geburt. Die Lowessfunktion hat den Trend aller Einzeltiere durch Glättung erzeugt. Die Methode offenbart, dass eine Abkalbung eine deutliche und einzigartige Steigerung der Aktivität zur Folge haben kann. Wie bereits beschrieben, ist es aber auch möglich, dass im Trendverlauf keine Peaks oder Extremwerte auffallen, sondern sich der Kurvenverlauf am Abkalbungstag eher umgekehrt entwickelt. Die Interpretation der sehr individuellen Ausprägungen in der Schritttaktivität einzelner Tiere kann durch den Einsatz der Fourieranalyse ergänzt bzw. stark verbessert werden. Denn der methodische Ansatz hat nicht die bestmögliche Darstellung einer Kurve durch Glättung zum Ziel, sondern das Auffinden auffälliger Veränderungen in der Tagesperiodik im Verlauf einer Zeitreihe. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass Mutterkühe ohne Störungen einen ausgeprägten Tagesrhythmus aufweisen. Es ist bekannt, dass dieser hauptsächlich durch den Hell-Dunkel-Wechsel der Tageszeiten bestimmt wird. Ebenfalls ist bekannt, dass sich periodisches Verhalten von Rindern dabei hauptsächlich aus dem regelmäßigen Wechsel zwischen aktiven Phasen, zumeist in Verbindung mit der Futteraufnahme und Ruhephasen in Verbindung mit dem Wiederkauen zusammensetzt (PORZIG, SAMBRAUS 1991; SAMBRAUS 1991).

Das Vorhandensein sich innerhalb von 24 Stunden regelmäßig wiederholender Verhaltensweisen ist die Grundlage für das Auffinden von Störungen in der Periodik, verursacht z. B. von einer Abkalbung. Allgemein betrachtet, findet sich der periodische Aufstieg und Abfall der Schritttaktivität in den Abbildungen der Lowessfunktion bei allen Mutterkühen unterschiedlich ausgeprägt wieder. Erkenntnisse wie harmonisch sich der Tagesrhythmus der einzelnen Tiere gestaltet und wie hoch die Störung durch das Eintreten einer Geburt ist, kann durch den leistungsbezogenen Kopplungsgrade (LKG) und die Harmonischen Anteile der fourieranalysierten Originalwerten noch genauer bestimmt werden. Die Mittelwertbetrachtung der LKG aller Geburtseignisse vermittelt ein sehr klares Ergebnis. Die LKG der Gruppe befinden sich in den Zeitabschnitten vor der Abkalbung zwischen 80-100%. Damit sprechen die Werte für einen hohen Anteil signifikant harmonischer Perioden im Verhältnis zu allen signifikanten Perioden. Unmittelbar unter Einfluss des Abkalbungstages sinken die LKG im Gruppenmittel auf unter 60% und steigen p. p. langsam wieder an. Die Abkalbung stört den Tagesrhythmus erheblich, was mit Hilfe der Fourieranalyse auch rechnerisch nachzuweisen ist. Die Entwicklung der Methode geht von der Forschungsgruppe Evolutionäre Ökologie des Institutes für Zoo- und Wildtierforschung in Berlin aus. Sie untersuchten mit Hilfe des Telemetriesystems ETHOSYS störende Einflüsse in der Tagesperiodik verschiedener Herbivoren. Dass die Geburt bei Alpacas die LKG, bezüglich der Aktivität, auf 60,1% und darunter signifikant abfallen lässt, konnte dabei ebenso nachgewiesen werden, wie die signifikant geringeren LKG bei einer Verletzung (SCHEIBE ET AL. 1999). Ergebnisse in ähnlicher Dimension erbrachten Untersuchungen mit Mufflons. Deren LKG war das ganze Jahr über zwischen 70- 100%. Nur im peripartalen Zeitraum sanken sie darunter. Die geringsten Werte wurden in der Woche des Ablammens ermittelt. Da das Muttertier zum Ablammen die Herde verließ, resultieren die Ergebnisse hauptsächlich aus einer generellen Änderung der zeitlichen Struktur innerhalb der Aktivität aufgrund der sozialen Isolation von Mutter und Lamm. Die LKG erhöhten sich wieder nachdem Mutter und Lamm in die Herde zurückkehrten (SCHEIBE ET AL. 1999; BERGER ET AL. 2003). Die Analysen der einzelnen Rinder ergab bei 15 von 20 Abkalbungseignissen LKG von unter 60% in den unmittelbar von der Geburt beeinflussten Zeitabschnitten 1ap-partus und/ oder partus-1pp. In 3 der 15 Fälle lagen die LKG bereits in den Zeitabschnitten vor der Abkalbung unter 60%. Das betrifft die Tiere 28 120303, 111 020404 und 6 150904. Diese Einschnitte im LKG entfielen bei den einzelnen Tieren genau auf die Tage mit einem Maximum der Schritttaktivität, ermittelt durch die Lowessfunktion. Ein weiteres Tier hatte im Zeitabschnitt 1ap-partus einen LKG von 63,1%, der sich im Vergleich zum Zeitraum vor der Abkalbung deutlich abhebt. Die Berechnung der LKG brachte für die Mehrzahl der Tiere also einen klaren Zusammenhang zwischen dem Geburtseignis und einer Störung der Tagesperiodik in dieser Zeit. Gleichzeitig muss aber erwähnt werden, dass der einbezogene Zeitraum von 5ap-3pp sehr kurz ist. Die Auswertungen von SCHEIBE ET AL. (1999) und BERGER ET AL. (2003) basieren auf Daten mehrerer Wochen. Trotzdem zeigen die vorliegenden Ergebnisse, dass sich die Geburt eines Kalbes auf die LKG der Schritttaktivität zum Teil drastisch auswirken kann.

Die Einfluss des Geburtseignisses auf die Harmonischen Anteile tritt im Vergleich zu den LKG bei weitem nicht so stark hervor. Die Auswertungen der durchschnittlichen Harmonischen Anteile der Schritttaktivität ergab, dass die Werte deutlich unter dem prozentualen Niveau der LKG liegen. In der Mittelwertbetrachtung wurden Harmonische Anteile zwischen 15-25% erreicht, wobei die niedrigsten Werte auf die Zeitabschnitte 1ap-partus und partus-1pp entfallen. Ähnlich den LKG ist mit einer Reduktion der prozentualen Werte zu rechnen, wenn eine Störung in der Tagesperiodik vorliegt. Die Auswertungen offenbaren aber, dass die Interpretation der Harmonischen Anteile schwieriger ist, weil sich die Werte der Tage ohne Einfluss der Abkalbung auf den ersten Blick nicht drastisch von den Tagen mit Abkalbungseinfluss abheben. Nach den Erfahrungen der Forschungsgruppe Evolutionäre Ökologie wären ein Harmonische Anteile über 20% als normal zu bezeichnen. Sinken die Werte unter diese Marke ist eine Störung der Tagesperiodik in Betracht zu ziehen (SCHEIBE 2006). Für die Gruppenmittel der Harmonischen Anteile bezüglich des geburtsnahen Zeitraumes, wäre diese Aussage zutreffend. Differenziert zu betrachten sind hingegen die Ergebnisse der Einzeltiere. Bei 8 von 20 Abkalbungen wurden in den Zeitabschnitten 1ap-partus und partus-1pp ein Harmonische Anteile unter 20% ermittelt. Da bei 87,5% dieser Tiere bereits vorher Werte unter 20% registriert wurden, ist die Berücksichtigung der Tendenz von Bedeutung. Die 8 angesprochenen Tiere haben im Kurvenverlauf eine abfallende Entwicklung zum Abkalbungstag hin. P. p. steigen die Harmonischen Anteile zwar wieder an, doch zeigen sich hier ganz individuelle Ausprägungen. 5 weitere Tiere weisen entweder im Zeitabschnitt 1ap-partus oder im Zeitabschnitt partus-1pp einen geringeren Harmonischen Anteil als vorher auf. Zudem liegen bei 2 Tieren die Werte a. p. fast komplett unter 20%. Bei den übrigen Rindern ist ein Vergleich kaum möglich, da sie individuell sehr verschieden sind und bezüglich des Geburtseignisses keine Tendenz erkennen lassen. Dass die Untersuchung der Harmonischen Anteile zur Identifizierung einer Störungseinflusses herangezogen werden kann, beweisen Untersuchungen von BERGER ET AL. (2003). Ein Abfall der Harmonischen Anteile von über 50% auf unter 20%, verursacht durch eine parasitäre Infektion, konnte beispielsweise bei einem Schaf nachgewiesen werden. Die Entwicklung verlief am Beginn der Infektion parallel zu den abfallenden LKG des Schafes. Der zeitliche Verlauf zeigte aber, dass die LKG bis zum Tod des Tieres zwischenzeitlich unauffällig blieben (70-100%), während sich die Harmonischen Anteile kontinuierlich weiter verringerten. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass bei einem hohen LKG der harmonische Anteil nicht automatisch auch hoch und damit unauffällig sein muss. Als Beispiel aus den eigenen Auswertungen bestätigt Tier 18 290304 den erwähnten Effekt. Der LKG war inklusive des Zeitabschnittes partus-1pp stets 100%, während der Harmonische Anteil bereits im Zeitabschnitt 2ap-1ap von vorher deutlich über 20% auf unter 20% sank und erst im Zeitabschnitt 2pp-3pp den Wert wieder überschritt. Umgekehrt bedingt das eindeutige Ergebnis eines absinkenden LKG im Zeitfenster der Geburt nicht automatisch einen klar absinkenden Harmonischen Anteil in der gleichen Zeit (z. B. Tier 6 241102).

Aus diesen Ergebnissen lässt sich die Erkenntnis gewinnen, dass die Berechnung von LKG und Harmonischen Anteilen nicht zwangsläufig zu übereinstimmenden Ergebnissen führt. Insgesamt sind aber anhand der Fourieranalyse für die Mehrzahl der Tiere durch die Geburt ausgelöste Störungen in der Tagesperiodik nachweisen.

5.3.2 Brustbeinlage

Die Anwendung der ALT-Pedometer ermöglichte neben der Erfassung der Schrittaktivität gleichzeitig die Ermittlung der Liegezeit. Die bereits mehrfach erwähnte Unruhe der Tiere, im Zuge der Abkalbung, legt die Annahme nahe, dass sich die Liegezeit kurz vor, während und nach der Geburt verglichen mit den geburtsunbeeinflussten Tagen verändert. Berücksichtigt man die Erkenntnis einer in vielen Fällen ansteigenden Schrittaktivität vor und während der Geburt, ist von einer Reduzierung der Brustbeinlage auszugehen. Die Berechnung der Mittelwerte im Zeitraum 5ap-2ap aller 20 Abkalbungen ergab innerhalb von 24 Stunden eine Liegezeit in Brustbeinlage von 9,8-10,1 Stunden. SAMBRAUS (1991) gibt für Kühe auf der Weide ebenfalls 10 Stunden Liegedauer an. Mit 10,1 Stunden mittlere Liegezeit bei 5 Mutterkühen ohne Abkalbung bestätigt SCHMIDT (2004) die in dieser Arbeit vorliegenden Werte sehr genau. Grundsätzlich muss aber darauf hingewiesen werden, dass sich die Tageslänge, das Klima, die Art des Weidesystems, die Futterverfügbarkeit und die Tierdichte den Faktor Liegezeit auswirken (KILEY-WORTHINGTON, DE LA PLAIN 1983; Süss, ANDREAE 1984; SAMBRAUS 1991; EBEL 2002). An den unmittelbar von der Abkalbung beeinflussten Tagen 1ap und partus sinkt die Zeit in Brustbeinlage um 45,3 und 41,6 Minuten ab, während die Werte p. p. bezogen auf 24 Stunden insgesamt wieder ansteigen. Da Mutterkühe tagsüber aktiver agieren als nachts (BAROW, GERKEN 1996), sind Abweichungen in der Liegezeit besonders in den Abend und Nachtstunden zu vermuten. Die Auflösungen in verschiedenen große Tageszeitabschnitte haben gezeigt, dass bei den kleinsten Tageszeitabschnitten die Liegezeit von 0-4 Uhr am höchsten war, gefolgt von 4-8 Uhr und 20-24 Uhr. Dementsprechend tritt der Rückgang der Brustbeinlage am Abkalbungstag zwischen 0-4 Uhr mit 37,4% gegenüber dem Minimum der Vortage auch sehr deutlich hervor. Die nächstgrößere Einteilung in 8-Stunden Tageszeitabschnitte offenbart die Entwicklung der Brustbeinlage im geburtsnahen Zeitraum noch übersichtlicher. Die Liegezeit ist von 0-8 Uhr, bezogen auf den gesamten Tag, dominierend. Der Rückgang am Abkalbungstag umfasst 39,5% im Vergleich zum Minimum im Zeitraum 5ap-2ap. Das ist der höchste errechnete Rückgang aller Tageszeitabschnitte. Im gleichen Tageszeitabschnitt ist bereits 1ap eine rückläufige Liegezeit erkennbar, was auch für den Tageszeitabschnitt 16-24 Uhr gilt. Dieser leichte Rückgang in der Brustbeinlage am Tag 1ap ist auf die Abkalbungen in den frühen Morgenstunden des Abkalbungstages zurückzuführen. Insgesamt sind die Veränderungen bei der Brustbeinlage hier nicht so ausgeprägt wie bei der Schrittaktivität im gleichen Zeitraum.

Da der stärkste Rückgang für die Zeit 0-8 Uhr am Abkalbungstag ermittelt wurde, liegt die Annahme nahe, dass die Abweichungen in der Liegezeit hauptsächlich auf die Aktivitäten der Kuh unmittelbar nach der Geburt zurückgehen. Dann gilt die Aufmerksamkeit der Kuh in der Regel absolut dem neugeborenen Kalb. Sie beriecht und beleckt es. Das dauert an bis das Kalb stehen kann und mit der Eutersuche beginnt. Bis der erste Saugakt des Kalbes erfolgreich war und darüber hinaus legen sich die Kühe normalerweise kaum hin. P. p. kann dass verglichen mit a. p. zu einer geringeren Liegezeit führen (LEHR 1997). Außerdem verbringen die Kühe kurz nach der Geburt weniger Zeit mit Fressen, Wiederkauen und Gehen/ Laufen. Dagegen stehen sie sehr viel, typischerweise über ihrem Kalb (KILEY-WORTHINGTON, DE LA PLAIN (1983). Auffällig ist, dass die Brustbeinlage p. p. gegenüber a. p. im Zeitabschnitt 0-8 Uhr auf einem geringeren Niveau verbleibt. Im Gegensatz dazu ergibt sich, verglichen mit den Vortagen, für den Tageszeitabschnitt 16-24 Uhr bereits eine erhöhte Liegezeit am Abkalbungstag mit einer anhaltend höheren Tendenz p. p.. Der Anstieg der Liegezeit in der zweiten Tageshälfte ab dem Abkalbungstag ist ebenfalls bei der Darstellung im Tageszeitabschnitt 12-24 Uhr sichtbar. Wann und in welchem Ausmaß sich die Brustbeinlage durch eine Abkalbung ändert ist genau wie bei der Schrittaktivität abhängig vom Zeitpunkt der Geburt. Insgesamt kalbten 14 Mutterkühe bis 13 Uhr ab (10 Tiere bis 10 Uhr). Unterstellt man die Annahme, dass sich Mutterkühe erst einige Stunden nach der Geburt für eine längere Phase hinlegten, erklärt sich der Einschnitt in der Zeit von 0-8 Uhr, der ganz leichte Anstieg von 8-16 Uhr und die deutlich erhöhten Werte in der Zeit 16-24 Uhr. Dass die Anwesenheit des Kalbes das Ruheverhalten bis zum 3. Tag p. p. beeinflusst, wird besonders in der Darstellung der 12-Stunden Tageszeitabschnitte deutlich. Während bis zum Tag 1ap die Brustbeinlage von 0-12 Uhr anteilig ca. 2 Stunden über der Liegezeit von 12-24 Uhr liegt, nähert sich das Verhältnis in den beiden Tageszeitintervallen ab dem Abkalbungstag sichtbar an. P. p. verhält sich die Liegezeit in Brustbeinlage zwischen 0-12 Uhr und damit in der Tendenz proportional entgegengesetzt zur Schrittaktivität. Dass die durchschnittliche Liegezeit der Mutterkühe über mehrere Tage nach der Geburt verringert bleiben kann, zeigten auch die Untersuchungen von KILEY-WORTHINGTON, DE LA PLAIN (1983). In der ersten Woche p. p. wurde eine durchschnittliche Liegezeit von ca. 5 Minuten je Stunde festgestellt, der deutlich niedrigste Wert in 6 Monaten Untersuchungszeit. Danach wurden mindestens 15 Minuten je Stunde registriert. Selbst in den ersten 3 Stunden p. p. wurden ca. 11 Minuten je Stunde Liegezeit ermittelt. Sämtliche Werte gehen auf Beobachtungen zwischen 8-13 Uhr zurück und sind in einem 5min-Zeitintervall erfasst worden. Damit sind die Angaben sehr genau und spiegeln die Ergebnisse für den Tageszeitabschnitt 0-12 Uhr in der vorliegenden Arbeit wider. Für die zweite Tageshälfte liegen aus der Studie von KILEY-WORTHINGTON, DE LA PLAIN (1983) keine Beobachtungen vor. Der Vergleich von Mutterkühen mit und ohne Abkalbung innerhalb einer Herde erbrachte für diese Zeit eine um 22% längere Liegezeit bei den Kühen mit Abkalbung, was umgerechnet einen Differenz von 1,8 Stunden bedeutet (SCHMIDT 2004). Die Unterschiede in der Brustbeinlage zwischen dem Zeitraum 5ap-2ap und 1pp-3pp sind im Gruppenmittel besonders in den Tageszeitabschnitten der ersten Tageshälfte mit stets höheren Werten a. p. signifikant.

Im einzigen Zeitabschnitt der zweiten Tageshälfte wurde zwischen 12-16 Uhr eine signifikant geringere Brustbeinlage a. p. im Vergleich zu p. p. festgestellt. Im Mittelwertvergleich der Zeiträume 5ap-2ap und 1ap-partus sind ähnliche Ergebnisse berechnet worden. In den Tageszeitabschnitten der ersten Tageshälfte verbringen die Mutterkühe von 5ap-2ap, mit einer hohen statistischen Sicherheit, mehr Zeit in der Brustbeinlage als von 1ap-partus. Die gleiche Aussage trifft für die Brustbeinlage von 0-24 Uhr zu. Kein signifikanter Unterschied besteht in der Brustbeinlage zwischen den Zeiträumen 1ap-partus und 1pp-3pp. Wie bereits bei der Schrittaktivität nachgewiesen, sind auch bei der Brustbeinlage die Stunden zwischen 0-12 Uhr entscheidend, um Abweichungen im Verhalten aufzudecken, die in Verbindung zur Abkalbung stehen. Die im Tagesverlauf geringere Aktivität in dieser Zeit ist gekoppelt mit einer höheren Liegezeit. Die hier auftreten Einschnitte fallen, daraus resultierend, deutlicher ins Gewicht, als zu einer Tageszeit mit einer vermehrten Aktivität (12-24 Uhr). Die Steigerungen der Brustbeinlage in der zweiten Tageshälfte p. p. sind, verglichen mit a. p. und dem Abkalbungszeitraum 1ap-partus, nicht ausgeprägt genug, um trotz einer Tendenz die Ergebnisse statistisch zu sichern. Eine genaue zeitliche Analyse der Brustbeinlage im geburtsnahen Zeitraum von Rindern liegt aus anderen Untersuchungen bisher nicht vor, was den Vergleich der erzielten Ergebnisse erschwert. Ebenso wie bei der Schrittaktivität ist aber davon auszugehen, dass das Ruheverhalten repräsentiert durch die Liegezeit tierindividuelle Ausprägungen hat.

Auch hier wurde die Lowessfunktion angewandt, um eine einzeltierbezogene Zeitreihenanalyse vorzunehmen. Im Gegensatz zur Schrittaktivität ist die Wahl nicht auf die 1%ige Glättung, sondern auf die 5%ige Glättung, gefallen. Die Begründung liegt in der Auswertbarkeit des Kurvenverlaufs. Die 5%ige Glättung ermöglicht weitaus besser die visuelle Interpretation eines Trends. Zu berücksichtigen ist dennoch, dass der einbezogene Zeitraum zur Nachbarschaftsgewichtung 10,8 statt 2,2 Stunden bei der gewählten Glättung von 5% gegenüber 1% beträgt. Die visuelle Bewertung der Kurvenverläufe erbrachte bei 10 Mutterkühen eine sichtbare Änderung des Trends, der mit einem Rückgang der Brustbeinlage besonders in den Nachtstunden der Tage 1ap-partus verbunden ist. Dabei entwickeln sich die Trends der einzelnen Mutterkühe sehr verschieden, wodurch eine einheitliche Beurteilung aller Kurven nicht problemlos möglich ist. Die Gegenüberstellung der Scatterplots von Schrittaktivität und Brustbeinlage der Einzeltiere ergibt zudem, dass sich eine Veränderung in der Schrittaktivität nicht unbedingt auf die Brustbeinlage auswirkt und umgekehrt. Von 20 Abkalbungen geht bei nur 5 Tieren eine Erhöhung der Schrittaktivität mit einer Verringerung der Brustbeinlage einher. 2 weitere Tiere zeigen eine Trendänderung zu einer niedrigeren Schrittaktivität am Abkalbungstag. Gleichzeitig sinkt aber auch die Brustbeinlage in der Nacht vor der Abkalbung. Bei 3 Tieren ist eine Verringerung der Brustbeinlage deutlich ausgeprägt, während die Schrittaktivität nicht eindeutig zu bewerten ist. Umgekehrt ist bei 2 Tieren die Schrittaktivität 1ap-partus erhöht und die Brustbeinlage dagegen unauffällig. Weitere 2 Tiere zeigen weder in der Schrittaktivität, noch in der Brustbeinlage Auffälligkeiten.

Die Trendverläufe der übrigen 5 Tiere sind so differenziert, dass sie in die vorher genannten Gruppen nicht eingeordnet werden können. Die visuelle Identifizierung einer Auffälligkeit im Trendverlauf gelingt am häufigsten ($n=10$) für die Zeit um 0 Uhr, da die Liegezeit hier normalerweise am höchsten ist. In der Regel liegt die Brustbeinlage zu dieser Uhrzeit deutlich über dem Mittelwert. Die Veränderung im Trendverlauf beginnt, wenn vorhanden, bereits vor dem Geburtseignis. Da die Nachbarschaftsgewichtung aber 10,8 Stunden um einen Wert herum umfasst, erscheinen die Vorhersagemöglichkeiten beispielsweise eingeschränkter als bei der Schrittaktivität mit einem zeitlichen Umfang von 2,2 Stunden in der Nachbarschaftsgewichtung.

Weil die Ruhephasen von Rindern in ihrer Tagesperiodik einer Abwechslung mit den aktiven Phasen unterliegen, sollten mit Hilfe der Fourieranalyse auch hier vorhandene Störungen in der Periodik herausgefiltert werden. Wie der durchschnittliche Verlauf der LKG im geburtsnahen Zeitraum zeigt, sind diese bei ca. 70% angesiedelt, womit sie deutlich unter dem Niveau der LKG der Schrittaktivität liegen. Die erwartete Verringerung der Werte auf unter 60% in den Zeitabschnitten 1ap-partus und partus 1pp ist gegeben, doch fällt der Unterschied nicht so gravierend aus. Insgesamt sinken die LKG bei 16 von 20 Abkalbungen in mindestens einem Zeitabschnitt (1ap-partus oder partus-1pp) unter 60%. Bei 12 dieser Abkalbungen hebt sich die Verringerung der LKG deutlich von den Werten der vorangegangenen Zeitabschnitte ab. Bei 4 Abkalbungen war hingegen keine Tendenz erkennbar. Der Vergleich von Brustbeinlage und Schrittaktivität bezüglich der berechneten LKG zeigt insgesamt ähnliche Ergebnisse. Denn auch bei der Schrittaktivität wurden bei 16 Abkalbungen LKG von weniger als 60% ($n=15$) bzw. knapp darüber ($n=1$) in den abkalbungsrelevanten Zeitabschnitten festgestellt. Grundsätzlich kann also davon ausgegangen werden, dass im Bereich der Brustbeinlage Störungen in der Tagesperiodik auftreten, wenn eine Abkalbung vorliegt. Die Entwicklung der LKG p. p. ist von Tier zu Tier sehr verschieden. Nicht jedes Tier kehrt nach der Abkalbung zu seinem normalen Ruheverhalten zurück, was auch die Durchschnittsanalysen und Mittelwertvergleiche der Brustbeinlage bestätigen.

Im Gegensatz zum LKG zeigt der durchschnittliche Verlauf der Harmonischen Anteile ein höheres Niveau als bei der Schrittaktivität. Der prozentuale Anteil a. p. beträgt zwischen 50-60% und sinkt in den Zeitabschnitten 1ap-partus und partus-1pp auf 30-40%. Die Werte weisen auf weniger verrauschte Powerspektren bei der Brustbeinlage hin. Insgesamt ist bei 18 von 20 Abkalbungen eine absinkende Tendenz der Harmonischen Anteile an mindestens einem der beiden abkalbungsrelevanten Zeitabschnitte erkennbar, so dass nur bei 2 Abkalbungen keine Tendenz festzustellen war. Die Entwicklung der Harmonischen Anteile differenziert sich dementsprechend deutlich von der Schrittaktivität.

5.3.3 Seitenlage

Die Seitenlage wird von adulten Rindern nur gelegentlich als Ruheposition gewählt, weil dadurch die regelmäßig notwendige Abgabe von Gasen aus dem Pansen verhindert wird (PHILLIPS 2002). Die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit beweisen, dass im geburtsnahen Zeitraum nur ca. 3-6% der täglichen Liegezeit in der Seitenlage verbracht werden. Insgesamt verbrachten die Mutterkühe in der Zeit von 5ap-2ap durchschnittlich weniger als 30 Minuten je Tag in der Seitenlage. Die Verteilung innerhalb der einzelnen Tageszeitabschnitte lässt eine eindeutige Tendenz a. p. nicht erkennen. Auffällig ist hingegen der Anstieg der Seitenlage an den Tagen 1ap und partus. Auch wenn dieser Unterschied statistisch nicht gesichert werden konnte, ist für die Entwicklung ein Grund zu nennen. Die deutlich erhöhte Seitenlage ist hauptsächlich auf 5 Tiere mit einer Schweregeburt zurückzuführen.

Die Anwendung der Lowessfunktion zur Glättung der Originaldaten ist im Fall der Seitenlage als nicht sinnvoll anzusehen, weil das sporadische Auftreten für nur wenig verwertbare Daten sorgt. Proberechnungen haben bestätigt, dass aufgrund zu geringer Datendichte eine 5%ige Glättung nicht möglich ist. Das trifft genauso für kleinere Prozentanteile zu. Die Seitenlage eignet sich auch deshalb nicht für eine Trendanalyse, weil es keine Regelmäßigkeit bei diesem Liegeverhalten gibt. Gleiches lässt sich mit Hilfe der Fourieranalyse nachweisen. Nur bei einem Tier gelang es überhaupt für jeden Zeitabschnitt einen LKG und Harmonischen Anteil zu berechnen. Eine Tendenz im Verlauf ist nicht vorhanden. 3 Tiere weisen in allen Zeitabschnitten keine LKG und demzufolge auch keine Harmonischen Anteile auf. Bei den anderen Tieren erscheinen sowohl das Auftreten als auch die Höhe der Werte zufällig.

Die Aussagefähigkeit der Seitenlage ist grundsätzlich eingeschränkt. Sie spielt im Verhalten der Tiere eine sehr untergeordnete Rolle und ihre Informationen zum geburtsnahen Zeitraum sind gering. Offen bleibt, die Seitenlage als Hinweismöglichkeit für problembehaftete Geburten zu nutzen. Denn in diesem Punkt wurde ein starker Anstieg der Seitenlage festgestellt, der statistisch jedoch nicht zu sichern war.

5.3.4 Beziehungen zwischen den Variablen des Parameters Bewegungsaktivität

Der Zusammenhang zwischen Schrittaktivität, Brustbeinlage und Seitenlage wird durch die Korrelationskoeffizienten untereinander reflektiert. Die nachweislich negative Korrelation zwischen Schrittaktivität und Brustbeinlage ist nachvollziehbar. Ein liegendes Tier weist nicht gleichzeitig eine Schrittaktivität auf und umgekehrt. Die Korrelationskoeffizienten befinden sich überwiegend im mittleren Bereich und überschreiten nur selten $-0,70$. Eine hohe Schrittaktivität schließt grundsätzlich eine hohe Liegezeit in Brustbeinlage nicht aus. Rinder haben kein festgelegtes Kontingent an Schritten, welches sie unabhängig von den Umweltbedingungen innerhalb einer bestimmten Zeit stets nutzen. Trotz eines nachgewiesenen Tagesrhythmus reagieren sie flexibel, wodurch sich die Dimensionen der Schrittaktivität und Brustbeinlage unabhängig voneinander verschieben können.

Die Berechnung der Korrelationskoeffizienten von Schrittaktivität und Seitenlage erbrachte sowohl negative als auch positive Werte. Mit Ausnahme eines Wertes haben die Koeffizienten eine Spannweite von $-0,27$ - $0,25$. Von einem Zusammenhang kann deshalb nicht gesprochen werden. Den negativen Koeffizienten mit einer geringen statistischen Sicherheit im Zeitraum 5ap-2ap wird keine Bedeutung beigemessen, weil die Seitenlage an sich mit einer hohen Zufälligkeit behaftet ist. Der Ausnahmewert von $0,42$ mit einer mittleren statistischen Sicherheit wurde im Zeitraum 1ap-partus im Tageszeitabschnitt 0-24 Uhr ermittelt. Die positive Korrelation ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die mehrfach erwähnten Schweregeburten zurückzuführen. Hier steht eine erhöhte Schrittaktivität einer ebenfalls erhöhten Seitenlage gegenüber.

Die Verbindung von Brustbeinlage und Seitenlage erbrachte im Ansatz ähnliche Ergebnisse. Die Spannweite zwischen den Korrelationskoeffizienten beträgt $-0,16$ - $0,40$. Zumeist liegen keine signifikanten Werte vor, weshalb im Allgemeinen auch von keinem eindeutigen Zusammenhang ausgegangen werden kann. Geringe bis hohe Signifikanzen wurden für die Zeiträume 5ap-2ap, 1ap-partus und 1pp-3pp innerhalb der 4-Stunden Zeitintervalle berechnet. Es besteht eine positive Korrelation im mittleren Bereich. Auffällig ist das Auftreten der signifikant positiven Korrelationen in Tageszeitabschnitten mit sehr aktiven Phasen der Mutterkühe. Der positive Zusammenhang kann aus dem kurzzeitigen Wechsel von der Brustbeinlage in die Seitenlage resultieren.

5.3.5 Bewertung des Parameters Bewegungsaktivität und der angewandten statistischen Analysemethoden

Von den Variablen des Parameters Bewegungsaktivität erbringen die Schrittaktivität und die Brustbeinlage die ausführlichsten Ergebnisse. Die folgenden Erläuterungen werden sich aus diesem Grund auf die Schrittaktivität und die Brustbeinlage sowie deren statistische Aufarbeitung konzentrieren. Die Untersuchungen an 20 Abkalbungen zeigten im Durchschnitt aller Mutterkühe bei beiden Variablen eine nachvollziehbare Veränderung zum Zeitpunkt einer Geburt. Signifikante Unterschiede waren dabei hauptsächlich in den Tageszeitabschnitten der ersten Tageshälfte nachweisbar. Diese Erkenntnisse machen grundlegend deutlich, dass sich die Schrittaktivität und die Brustbeinlage während der Geburt messbar ändern. Die Berechnung von Mittelwerten und der Mittelwertvergleich sind als Orientierung sinnvoll, aber als Maßstab für die Bewertung der Effizienz des Parameters nicht generell ausreichend. Denn die Geburt eines Kalbes ist keine Angelegenheit der gesamten Herde, sondern verläuft individuell. Eine genaue Kenntnis, wie sich Geburt und Verhalten der einzelnen Mutterkühe im Zeitverlauf spezifisch darstellen, ist hierbei grundlegend für die weitere Verarbeitung der Informationen. Die Verwendung kleiner Zeitintervalle ist dabei sehr sinnvoll, weil das Bewegungs- bzw. Ruheverhalten der Tiere zeitgenau abgebildet wird. Mit der Lowessfunktion und der Fourieranalyse als zwei unterschiedliche methodische Ansätze der Zeitreihenanalyse wurden zwei verschiedene Darstellungsvarianten erzeugt. Aus den Ergebnissen geht hervor, dass für ein Großteil der Tiere, durch die Geburt, eine Veränderung im Trendverlauf oder in der Tagesperiodik zu verzeichnen ist. Diese Änderungen können darüber hinaus anhalten.

Mit der Entwicklung eines Bewertungsmodells für die Ergebnisse aus Schrittaktivität und Brustbeinlage beider statistischer Methoden wäre die Aussagefähigkeit für die Einzeltiere mit Sicherheit zu verbessern. Zusätzlich würde eine Verknüpfung von Lowessfunktion und Fourieranalyse die Aussagebasis erweitern, denn die Qualität der Aussage entscheidet über die weitere Anwendbarkeit der gewählten Methoden. Die im Anschluss vorgestellten Bewertungsmodelle von Lowessfunktion und Fourieranalyse sind Vorschläge, die auf den Ergebnissen zur Bewegungsaktivität basieren. Sie sind ein diskussionswürdiger Versuch, die zum Teil sehr individuellen Kurvenverläufe zu beurteilen. Ziel ist die Einschätzung der Effizienz des Parameter Bewegungsaktivität in der Erkennung von Abkalbungen.

Da es im Bereich der Lowessfunktion keine bisher bekannten Studien gibt, müssen eigene Ideen eingebracht werden. Die Schwierigkeit in den Untersuchungen liegt in der vorerst nur visuellen Bewertbarkeit der Trendverläufe. Zur Fourieranalyse sind im Bereich des Bewegungsverhaltens Untersuchungen vorhanden, deren Ergebnisse Berücksichtigung finden. Für das Ruheverhalten, hier mit der Liegezeit beschrieben, fehlen wiederum Vergleichsmöglichkeiten. Deshalb werden eigene Vorschläge eingebracht. Für die Bewertung der Kurvenverläufe wird die Vergabe von numerischen Werten vorgeschlagen.

Sie umfassen im Bereich der Lowessfunktion die Werte 0, 0,5 und 1 und im Bereich der Fourieranalyse die Werte 0 und 1. Den numerischen Werten liegen Anwendungsvoraussetzungen zu Grunde. Sowohl bei Lowessfunktion als auch bei Fourieranalyse sind andere Anwendungsvoraussetzungen zu erfüllen. Berücksichtigung findet nur der Zeitraum 5ap bis partus. Die Tage p. p. spielen im Hinblick auf ein zeitgenaues Erkennen der Abkalbung keine Rolle mehr. Bei der Fourieranalyse wird der Zeitabschnitt partus-1pp deshalb nicht miteinbezogen.

Die in Tabelle 30 bestimmten Regeln gelten für die Beurteilung der Trendverläufe (Lowessfunktion). Die rein visuelle Beurteilung wird mit der Nichtverfügbarkeit der geglätteten Zahlenwerte begründet, da sie von SPSS 10.0 nicht zur Verfügung gestellt werden.

Tabelle 30: Merkmale zur Bewertung der Trendverläufe (Lowessfunktion)

Merkmals	numerischer Wert
Schrittaktivität - keine erkennbare Tendenz Brustbeinlage keine erkennbare Tendenz	0
Schrittaktivität - steigende Tendenz Schrittaktivität - über längere Zeit permanent erhöht Schrittaktivität - im gesamten Tagesverlauf deutlich verringert Brustbeinlage - sinkende Tendenz besonders um 0 Uhr	0,5
Schrittaktivität - deutlich steigende Tendenz Brustbeinlage - deutlich absinkende Tendenz besonders um 0 Uhr	1

Die Bewertung der fourieranalysierten Einzeltierdaten basiert dagegen auf Prozentsätzen, die als Grenzwerte, nach oben bzw. unten, dienen (Tabelle 31). Die Grenzwerte für die Schrittaktivität orientieren sich nach den Erfahrungen und Veröffentlichungen der Forschungsgruppe Evolutionäre Ökologie um Dr. Scheibe vom Institut für Zoo- und Wildtierforschung. Die Grenzwerte zur Brustbeinlage sind selbstgewählt und orientieren sich an den eigenen Ergebnissen dieser Arbeit.

Tabelle 31: Merkmale zur Bewertung von LKG und Harmonischen Anteilen (Fourieranalyse)

Merkmal	numerischer Wert
Schrittaktivität LKG > 60% Schrittaktivität HA > 20%	0
Schrittaktivität LKG < 60% Schrittaktivität HA < 20%	1
Brustbeinlage LKG > 60% Brustbeinlage HA > 45%	0
Brustbeinlage LKG < 60% Brustbeinlage HA < 45%	1

Die für eine zusammenfassende Einschätzung wichtigen Effizienzparameter Sensitivität, Fehlerrate, Spezifität und Genauigkeit sind nach FRANKE 2004 folgendermaßen definiert:

Sensitivität (%) = wahr positiv / (wahr positiv + falsch negativ) * 100

Fehlerrate (%) = falsch positiv / (falsch positiv + wahr positiv) * 100

Spezifität (%) = wahr negativ / (wahr negativ + falsch positiv) * 100

Genauigkeit (%) = wahr positiv / (wahr positiv + falsch positiv) * 100.

In Tabelle 32 ist zunächst die Bewertung der Trendverläufe (Lowessfunktion) nach den obigen Regeln dargestellt. Aus der Beurteilung der Trendverläufe von Schrittaktivität und Brustbeinlage geht aufsummiert ein Wert für den Zeitraum 5ap-2ap und ein Wert für die Zeitraum 1ap-partus hervor. Als Grenzwert für beide Zeiträume wird 1,5 vorgeschlagen. Erreichen die errechneten Werte diesen oder gehen darüber hinaus, wird das Ereignis Abkalbung als erkannt gewertet. Wird der Grenzwert nicht erreicht, gilt die Abkalbung als nicht erkannt.

Tabelle 32: Bewertung der Trendverläufe (Lowessfunktion) mit Hilfe der festgelegten numerischen Werte

LOWESS	Schrittaktivität		Brustbeinlage		Ergebnis Summe	
Kuh	5ap-2ap	1ap-partus	5ap-2ap	1ap-partus	5ap-2ap	1ap-partus
1 300702	1	0,5	0	1*	1	1,5
4 280702	0	1*	0	1*	0	2
7 290702	0,5	1*	0,5	1*	1	2
6 241102	0	1*	1	0	1	1
13 201102	0	1*	0,5	0,5	1	2
18 251202	0,5	1*	0,5	1*	1	2
20 120103	0	1*	0,5	1*	0,5	2
23 140303	0	0,5*	1	1	1	1,5
25 241102	1	0,5	0	0	1	0,5
28 120303	1	0,5*	1	0	2	0,5
34 180303	0,5	1*	0	1*	0,5	2
6 150904	0,5	0	0	0	0,5	0
13 280304	0,5	0,5	0	1*	0,5	1,5
18 290304	0	0	0	0	0	0
20 120604	0	0	0	0	0	0
34 040404	0	0	0	1*	0	1
43 310304	0	0,5	0,5	1*	0,5	1,5
111 020404	1	0,5*	1	0	2	0,5
222 150404	0	0,5*	0	1*	0	1,5
333 200404	0	1*	0	0,5	0	1,5

*Trendänderung vor Abkalbung sichtbar – Prognosemöglichkeit

Die Beurteilung der Trendverläufe führt im vorgestellten Modell zu

12 richtig positiven,

2 falsch positiven,

8 falsch negativen und

18 richtig negativen Abkalbungsereignissen.

Dementsprechend liegt eine Sensitivität von 60%, verbunden mit einer Fehlerrate von 14,3%, vor. In der Spezifität werden 90% und in der Genauigkeit 85,7% erreicht. Die Sensitivität ist bezüglich der Erkennung einer Abkalbung einer der wichtigsten Effizienzparameter.

Der Wert von 60% ist zu gering, selbst wenn die Fehlerrate ebenfalls sehr gering ist. Eine falsch positiv erkannte Abkalbung, lässt immer noch die Möglichkeit offen, dass die Geburt zu einem späteren Zeitpunkt nochmals richtig erkannt wird. Aus diesem Grund sollte eine höhere Sensitivität höher gewichtet werden, als eine extrem kleine Fehlerrate. Die mit Sternchen versehenen Werte in der Tabelle weisen auf das Einsetzen der Trendänderung bereits vor der Abkalbung hin. Bei 11 richtig erkannten Abkalbungen wäre nach den eigenen Bemessungskriterien eine Vorhersagemöglichkeit (Prognose) gegeben.

Tabelle 33: Bewertung von LKG und Harmonischen Anteilen (Fourieranalyse) mit Hilfe der festgelegten numerischen Werte

FOURIER	Schrittaktivität (ST)		Schrittaktivität (SL)		Brustbeinlage (BL)		Brustbeinlage (BL)	
	LKG		Harm. Anteil		LKG		Harm. Anteil	
Kuh	5ap/4ap-2ap/1ap	1ap/partus	5ap/2ap-2ap/1ap	1ap/partus	5ap/2ap-2ap/1ap	1ap/partus	5ap/2ap-2ap/1ap	1ap/partus
1 300702	0	1	0	1	0	0	0	1
4 280702	0	0	0	0	0	1	0	1
7 290702	1	1	0	1	1	0	1	1
6 241102	0	1	1	1	1	1	0	1
13 201102	0	1	1	1	0	1	0	1
18 251202	0	1	1	1	0	1	0	1
20 120103	0	1	1	1	0	1	0	1
23 140303	0	1	1	1	1	1	1	1
25 241102	0	1	1	1	1	1	0	1
28 120303	1	1	1	0	1	0	0	0
34 180303	0	0	1	0	0	1	0	1
6 150904	1	1	1	1	1	1	0	1
13 280304	0	0	1	1	0	0	0	1
18 290304	0	0	1	1	1	0	1	0
20 120604	0	0	0	0	0	1	0	1
34 040404	0	1	1	1	1	1	0	1
43 310304	0	1	1	1	0	1	0	1
111 020404	1	1	1	1	1	0	1	0
222 150404	0	0	1	1	1	1	0	1
333 200404	0	1	1	0	1	1	0	1

Tabelle 33 beinhaltet die Bewertung nach den Regeln für fourieranalysierten Einzeltielergebnisse. Innerhalb von Schrittaktivität und Brustbeinlage werden LKG und Harmonischen Anteile gemäß der festgelegten Prozentsätze mit 0 oder 1 bewertet. Die Aufsummierung der numerischen Werte ist in der Fortsetzung von Tabelle 33 dargestellt. Als Ergebnis erhält man einen Summenwert aus LKG und Harmonischen Anteilen von Schrittaktivität und Brustbeinlage in den Zeitabschnitten 5ap/4ap – 2ap/1ap und 1ap-partus.

Fortsetzung Tabelle 33:

FOURIER	Summe (ST + BL) LKG		Summe (ST + BL) Harm. Anteil		Summe LKG + Harm. Anteil 5ap/4ap - 2ap/1ap	Summe LKG + Harm. Anteil 1ap/partus
	5ap/4ap- 2ap/1ap	1ap/partus	5ap/4ap- 2ap/1ap	1ap/partus		
Kuh						
1 300702	0	1	0	2	0	3
4 280702	0	1	0	1	0	2
7 290702	2	1	1	2	3	3
6 241102	1	2	1	2	2	4
13 201102	0	2	1	2	1	4
18 251202	0	2	1	2	1	4
20 120103	0	2	1	2	1	4
23 140303	1	2	2	2	3	4
25 241102	1	2	1	2	2	4
28 120303	2	1	1	0	3	1
34 180303	0	1	1	1	1	2
6 150904	2	2	1	2	3	4
13 280304	0	0	1	2	1	2
18 290304	1	0	2	1	3	1
20 120604	0	1	0	1	0	2
34 040404	1	2	1	2	2	4
43 310304	0	2	1	2	1	4
111 020404	2	1	2	1	4	2
222 150404	1	1	1	2	2	3
333 200404	0	1	1	0	1	1

Als Grenzwert für beide Zeiträume wird in diesem Fall 2 vorgeschlagen. Erreichen die errechneten Werte den Grenzwert oder gehen darüber hinaus, wird das Ereignis Abkalbung als erkannt gewertet. Wird der Grenzwert nicht erreicht, gilt die Abkalbung als nicht erkannt. Die Auswertung dieses Bewertungsmodells erbrachte

17 richtig positive,
10 falsch positive,
3 falsch negative und
10 richtig negative Ereignisse.

Die Sensitivität liegt demnach bei 85% mit einer Fehlerrate von 37%. Die Spezifität beträgt 50% und die Genauigkeit 63%. Grundsätzlich ist die Sensitivität höher als bei den Trendverläufen der Lowessfunktion, aber auch die Fehlerrate ist angestiegen. Die Spezifität verringert sich dagegen auf 50%. Für die Veränderung ist hauptsächlich die hohe Anzahl falsch positiv erkannter Ereignisse verantwortlich. Auch wenn sich dadurch alle Werte außer der Sensitivität verschlechtern, ist zu bedenken, dass 8, im Vorfeld, falsch positiv erkannte Abkalbungen zum richtigen Zeitpunkt nochmals erkannt wurden. Deshalb könnten die falsch positiven Ereignisse auch als Anzeichen für eine unmittelbar bevorstehende Abkalbung gewertet werden. Insofern ist zu überlegen, ob eine hohe Sensitivität nicht die Einbußen in der Spezifität, Fehlerrate und Genauigkeit aufwiegt.

Trotz einer nicht exakten zeitlichen Übereinstimmung der bewerteten Zeiträume bzw. Zeitabschnitte wurden die Bewertungsergebnisse der Lowessfunktion und Fourieranalyse über Summenbildung miteinander verknüpft. Die Grenzwertfestlegung erfolgte ebenso über die Aufsummierung beider Grenzwerte (Lowessfunktion + Fourieranalyse) und entspricht folglich einem Wert von 3,5.

Die rechnerische Verbindung beider Methoden (Tabelle 34) ergab insgesamt

15 richtig positive,
5 falsch positive,
5 falsch negative,
15 richtig negative Ereignissen.

Diese Maßnahme erbringt eine Sensitivität von 75%, eine Fehlerrate von 25%, eine Spezifität und Genauigkeit von 75%. Im Vergleich zur alleinigen Fourieranalyse verschlechtert sich die Sensitivität. Dafür erreichen die anderen Effizienzparameter wesentlich bessere Werte. Gegenüber der alleinigen Bewertung der Lowessfunktion gleicht die um 15% höhere Sensitivität die Verschlechterungen in den übrigen Bereichen gut aus.

Tabelle 34: Verknüpfung von Lowessfunktion und Fourieranalyse zu einem Bewertungsmodell

Kuh	Lowess	Lowess	Fourier	Fourier	Lowess + Fourier	Lowess + Fourier
	5ap/4ap - 2ap/1ap	1ap/partus	5ap/4ap - 2ap/1ap	1ap/partus	5ap/4ap - 2ap/1ap	1ap/partus
1 300702	1	1,5	0	3	1	4,5
4 280702	0	2	0	2	0	4
7 290702	1	2	3	3	4	5
6 241102	1	1	2	4	3	5
13 201102	1	2	1	4	2	6
18 251202	1	2	1	4	2	6
20 120103	0,5	2	1	4	1,5	6
23 140303	1	1,5	3	4	4	5,5
25 241102	1	0,5	2	4	3	4,5
28 120303	2	0,5	3	1	5	1,5
34 180303	0,5	2	1	2	1,5	4
6 150904	0,5	0	3	4	3,5	4
13 280304	0,5	1,5	1	2	1,5	3,5
18 290304	0	0	3	1	3	1
20 120604	0	0	0	2	0	2
34 040404	0	1	2	4	2	5
43 310304	0,5	1,5	1	4	1,5	5,5
111 020404	2	0,5	4	2	6	2,5
222 150404	0	1,5	2	3	2	4,5
333 200404	0	1,5	1	1	1	2,5

Fasst man die Ergebnisse der Bewertung von Lowessfunktion und Fourieranalyse ohne rechnerische Verknüpfung zusammen, kann die Erkennungsrate auf 18 Tiere erhöht werden. Die Anzahl falsch positiver oder falsch negativer Ereignisse aus der Fourieranalyse ändert sich dadurch nicht. In Folge dessen stellt sich die Kombination der beiden Methoden, ohne rechnerische Verknüpfung, als eine Variante mit einer bestmöglichen Sensitivität heraus.

Denn insgesamt werden

18 richtig positive,

10 falsch positive,

2 falsch negative sowie

10 richtig negative Ereignisse erreicht.

Daraus ergibt sich eine Sensitivität von 90%, eine Fehlerrate von 35,7%, eine Spezifität von 50% und eine Genauigkeit von 64,3%. Gegenüber der alleinigen Fourieranalyse und der rechnerischen Verknüpfung von Lowessfunktion und Fourieranalyse verbessert sich vor allem die Sensitivität.

Tabelle 35: Zusammenfassung der Effizienzparameter aller vorgestellten Bewertungsmodelle

Effizienzparameter	Lowessfunktion in %	Fourieranalyse in %	Lowess + Fourier in %	Lowess / Fourier in %
Sensitivität	60,0	85,0	75,0	90,0
Fehlerrate	14,3	37,0	25,0	35,7
Spezifität	90,0	50,0	75,0	50,0
Genauigkeit	85,7	63,0	75,0	64,3

In Bezug auf die Erkennung von Abkalbungen ermöglicht der Entwurf von Bewertungsmodellen eine Zusammenfassung und einen Überblick über die Aussagefähigkeit des Parameters Bewegungsaktivität. Zur Bewertung eignet sich sowohl die Lowessfunktion als auch die Fourieranalyse. Aus der Anwendung beider statistischer Methoden resultiert die Einschätzung, dass sich die Messung der Bewegungsaktivität zur Erkennung von Abkalbungsereignissen nutzen lässt. Der Vorteil der Lowessfunktion liegt dabei hauptsächlich in der Befähigung zur Vorhersage aufgrund der Übereinstimmung von Messzeitpunkt des Originalwertes und Zeitpunkt des neugeschätzten (geglätteten) Wertes. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit war der Nachteil die Nichtverfügbarkeit der geglätteten Zahlenwerte. Das ist technisch grundsätzlich lösbar. Die Fourieranalyse erwies sich als vorteilhaft, weil sie eine sehr hohe Erkennungsrate von 85% aufwies und die Festlegung der Grenzwerte nach objektiven Zahlenwerten erfolgen konnte. Nachteilig ist, dass ganze Tage zur Auswertung hinzugezogen werden müssen. Damit verringert sich die Möglichkeit für eine sehr zeitnahe Vorhersage. Allerdings sind vor der Abkalbung 10 falsch positive Erkennungen angezeigt worden, die an sich auch als Hinweis für eine bevorstehende Kalbung gewertet werden könnten. In 8 der 10 Fälle wurde die Abkalbung anschließend richtig erkannt. Die dargestellten Ergebnisse und Bewertungskriterien sind als Ansatz zu verstehen. Inwieweit sie zu optimieren sind, würde die Anwendung über eine längere Zeitperiode als der hier vorgestellten Messzeit von 9 Messtagen klären.

5.4 Ergebnisse Parameter Flächennutzung

Der Untersuchung des Parameters Flächennutzung liegt die Annahme zugrunde, dass sich das Verhalten der Mutterkühe unmittelbar nach der Abkalbung ändert. Um in der Nähe des neugeborenen Kalbes zu bleiben, schränken sie die Nutzung der Weidefläche für einen bestimmten Zeitraum ein. Der Flächeninhalt der Minimum Convex Polygone gilt in diesen Untersuchungen als Maß für die in definierten Zeitspannen genutzte Weidefläche, da die technischen Voraussetzungen zur Feststellung der tatsächlich genutzten Fläche jedes einzelnen Tieres nicht gegeben waren.

5.4.1 Größe der Minimum Convex Polygone im Gruppenmittel von 8 Abkalbungen in der Zeit 5ap-3pp

Aus den unter Kapitel 4.2.1.2 genannten Gründen ist die Anzahl der in die Berechnung der Gruppenmittel einfließenden Tiere auf 8 Mutterkühe beschränkt (1 300702, 4 280702, 7 290702, 20 120604, 34 040404, 43 310304, 111 020404, 222 150404). Bei keiner dieser Tiere gab es Geburtskomplikationen. Ein Eingreifen von menschlicher Seite war demzufolge nicht notwendig. Abbildung 49 zeigt die Mittelwerte der Minimum Convex Polygone am Vormittag, am Nachmittag und in der täglichen Messzeit (tägl. Messzeit ges.) gesamt in der Zeit 5ap-3pp.

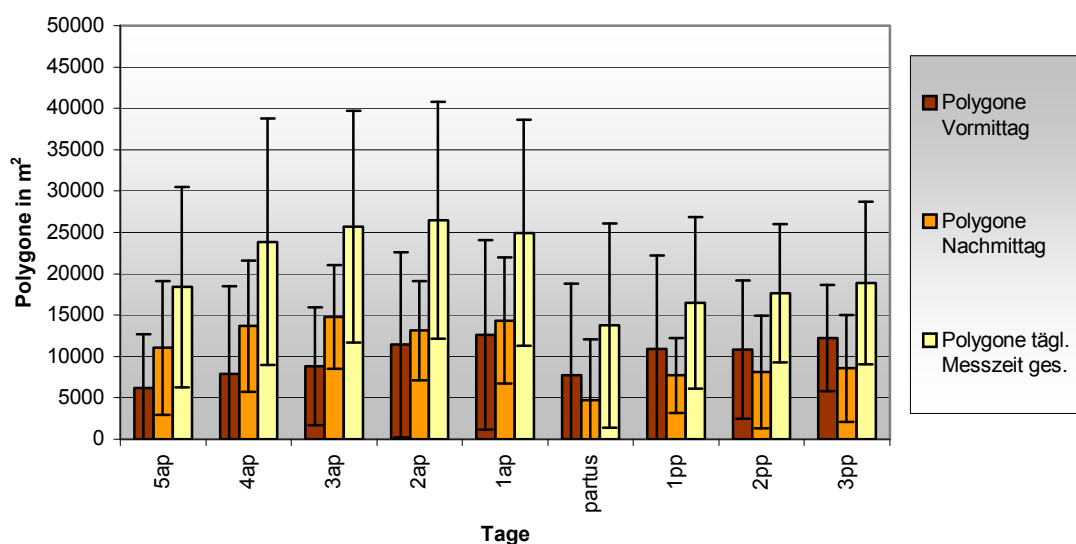


Abbildung 49: Gruppenmittel der Minimum Convex Polygone am Vormittag, am Nachmittag und in der tägl. Messzeit ges. - 8 Abkalbungsereignisse im Messzeitraum

Die Entwicklung der Flächennutzung a. p. vollzieht in den Messzeiten am Vormittag und in der täglichen Messzeit gesamt einen stetigen Anstieg bis hin zum Abkalbungstag. Diese Tendenz ist für die Messzeit am Nachmittag nicht so deutlich zu erkennen. Verglichen mit den Vortagen kommt es am Abkalbungstag zu einem starken Einschnitt in der Flächennutzung. Der Abbildung 49 ist zu entnehmen, dass die Polygone vom Nachmittag und der täglichen Messzeit gesamt am Abkalbungstag ein deutliches Minimum aufweisen. Dies gilt besonders im Vergleich mit den Messtagen a. p.. Gegenüber den Tagen p. p. ist der Flächeninhalt der Polygone ebenfalls im Minimum, doch der Kontrast ist hier nicht mehr so klar ausgeprägt. Das bedeutet, die Flächennutzung p. p. bleibt im Gruppenmittel unter dem Niveau der Flächennutzung a. p.. Bei den Minimum Convex Polygonen am Vormittag stellt sich am Abkalbungstag im Vergleich zur Zeit a. p. kein Minimum ein. Das ist auf 3 Geburten zurückzuführen, die nach 12 Uhr stattfanden, so dass hier für den Vormittag des Abkalbungstages eine Änderung der Flächennutzung noch nicht zu verzeichnen war. Bemerkenswert ist die geringere Flächennutzung p. p. am Nachmittag verglichen mit dem Vormittag, da sich das Verhältnis a. p. genau umgekehrt darstellt. Auffällig ist der erneute kontinuierliche und gleichmäßige Anstieg der Flächennutzung p. p. in allen 3 Messzeiten.

Betrachtet man die Standardabweichungen wird bewusst, dass die Streuung zwischen den Einzeltieren groß ist. Am Vormittag bewegt sich s^2 zwischen 52,8-142,5% des Mittelwertes. Im Gegensatz zum Vormittag liegt die Standardabweichung der Minimum Convex Polygone am Nachmittag mit 42,5-84,2% an allen Tagen des Untersuchungszeitraumes unter dem Mittelwert. Einzige Ausnahme ist der Abkalbungstag mit 157,4%. Für die tägliche Messzeit gesamt wurde eine Standardabweichung von 47,4-89,9% errechnet.

5.4.2 Mittelwertvergleich der Flächennutzung ante partum, partus und post partum

Mit der Gegenüberstellung der Flächennutzung in den Zeiträumen 5ap-1ap, partus und 1pp-3pp werden auftretende Änderungen infolge einer Abkalbung auf signifikante Unterschiede geprüft. Der in Tabelle 36 aufgeführte Mittelwertvergleich stellt die Zeiträume a. p. und p. p. gegenüber. Dabei ergab die Überprüfung der Minimum Convex Polygone am Vormittag eine geringere Flächennutzung in der Zeit 5ap-1ap. Dieser Unterschied ist statistisch nicht signifikant. Gegensätzlich zum Vormittag verhält sich die Flächennutzung am Nachmittag. Die Polygone a. p. sind am Nachmittag größer als p. p.. Diese Veränderung innerhalb der Zeiträume ist statistisch auf mittlerem Niveau abzusichern. Eine analoge Tendenz zeigt die Flächennutzung für die tägliche Messzeit gesamt. Allerdings ist der Unterschied in diesem Fall nicht signifikant.

Tabelle 36: Vergleich der Minimum Convex Polygone in m² a. p. und p. p.

Vormittag	n	MW	STABW	MIN	MAX	SIGNIFIKANZ
5ap-1ap	8	9602	9472	574	37569	0,179
1pp-3pp	8	11318	8574	310	32412	
Nachmittag	n	MW	STABW	MIN	MAX	SIGNIFIKANZ
5ap-1ap	8	13517	6864	2488	29954	0,003**
1pp-3pp	8	8136	5775	737	22439	
tägl. Messzeit ges.	n	MW	STABW	MIN	MAX	SIGNIFIKANZ
5ap-1ap	8	24169	13385	3186	53474	0,074
1pp-3pp	8	17675	9203	4994	36532	

Im Vergleich der Zeiträume 5ap-1ap und partus ist der Flächeninhalt der Polygone am Vormittag, am Nachmittag und in der täglichen Messzeit gesamt am Abkalbungstag geringer als a. p. (Tabelle 37). Während für den Vormittag die Differenz zwischen den Zeiträumen statistisch nicht gesichert ist, kann für die ermittelten Polygone am Nachmittag einen Unterschied mit hoher Signifikanz nachgewiesen werden. Auf geringer Stufe ebenfalls signifikant ist die Differenz der Polygone in der täglichen Messzeit gesamt.

Tabelle 37: Vergleich der Minimum Convex Polygone in m² a. p. und partus

Vormittag	n	MW	STABW	MIN	MAX	SIGNIFIKANZ
5ap-1ap	8	9602	9472	574	37569	0,201
partus	8	7762	10349	159	32905	
Nachmittag	n	MW	STABW	MIN	MAX	SIGNIFIKANZ
5ap-1ap	8	13517	6864	2488	29954	0,001***
partus	8	4685	6900	66	21834	
tägl. Messzeit ges.	n	MW	STABW	MIN	MAX	SIGNIFIKANZ
5ap-1ap	8	24169	13385	3186	53474	0,032*
partus	8	13750	11558	360	33122	

Dass die Mutterkühe am Abkalbungstag die geringste Flächennutzung im Gruppenmittel aufweisen, bestätigt auch die Gegenüberstellung der Zeiträume partus und 1pp-3pp in Tabelle 38. Am Vormittag, am Nachmittag und in der täglichen Messzeit gesamt wurden am Abkalbungstag niedrigere Mittelwerte der Polygonflächeninhalte ermittelt. Gleichwohl ist dieser Unterschied nur für die Polygone am Nachmittag statistisch gering signifikant.

Tabelle 38: Vergleich der Minimum Convex Polygone in m² partus und p. p.

Vormittag	n	MW	STABW	MIN	MAX	SIGNIFIKANZ
partus	8	7762	10349	159	32905	0,188
1pp-3pp	8	11318	8574	310	32412	
Nachmittag	n	MW	STABW	MIN	MAX	SIGNIFIKANZ
partus	8	4685	6900	66	21834	0,046*
1pp-3pp	8	8136	5775	737	22439	
tägl. Messzeit ges.	n	MW	STABW	MIN	MAX	SIGNIFIKANZ
partus	8	13750	11558	360	33122	0,237
1pp-3pp	8	17675	9203	4994	36532	

5.4.3 Beziehungen zwischen Bewegungsaktivität und Flächennutzung im geburtsnahen Zeitraum

Am Ende der Ergebnisdarstellungen zur Flächennutzung soll zusätzlich von Interesse sein, ob zwischen den Parametern Bewegungsaktivität und Flächennutzung nachweisbare Zusammenhänge existieren. Es ist grundsätzlich denkbar, dass sich z. B. mit einer steigenden Schrittaktivität auch die genutzte Fläche vergrößert und umgekehrt. Für diese Untersuchungen wurden die errechneten Minimum Convex Polygone aller Messzeiten der Schrittaktivität, Seitenlage und Brustbeinlage gegenübergestellt.

In Tabelle 39 sind die Ergebnisse aus den Korrelationsberechnungen zwischen Schrittaktivität und Minimum Convex Polygonen dargestellt. Den Zahlen ist vorerst eine zu jeder Zeit (a. p., partus und p. p.) positive Tendenz zu entnehmen. Die Korrelationen bewegen sich im niedrigen bis mittleren Bereich. Der höchste Korrelationskoeffizient wurde für den Abkalbungstag am Vormittag ermittelt, wobei nur eine geringe statistische Sicherheit vorliegt.

Tabelle 39: Korrelationskoeffizienten zwischen Schrittaktivität und Flächennutzung im geburtsnahen Zeitraum

Tageszeit	5ap-1ap	partus	1pp-3pp
Vormittag	0,22*	0,49*	0,25
Nachmittag	0,43***	0,41	0,16
tägl. Messzeit ges.	0,27**	0,30	0,19

Eine hohe statistische Sicherheit ließ sich für den Zeitraum 5ap-1ap am Nachmittag nachweisen. Zwar bestätigt der Korrelationskoeffizient eine positive Verknüpfung, doch liegt er ebenfalls im mittleren Bereich. Daraus ergibt sich kein ausgesprochen fester Zusammenhang. Für den Zeitraum p. p. wurden durchgängig niedrige Koeffizienten berechnet, die keine Signifikanzen aufweisen.

Sehr unterschiedlich stellt sich die Beziehung zwischen Brustbeinlage und Minimum Convex Polygonen dar (Tabelle 40). Besonders bemerkenswert ist die durchweg positive Tendenz im Zeitraum 5ap-1ap mit Koeffizienten von 0,52 und 0,65 am Nachmittag und für die tägliche Messzeit gesamt. Diese unvermutet hohen Werte weisen zudem eine hohe Signifikanz auf. Die Flächennutzung a. p. steigt bzw. sinkt folglich mit der Liegezeit in Brustbeinlage. Entgegengesetzt gestalten sich die Werte am Abkalbungstag. Die negativen Korrelationskoeffizienten zeigen eher eine abnehmende Flächennutzung mit steigender Brustbeinlage, wobei keine statistische Sicherheit berechnet wurde. P. p. liegen die Koeffizienten zwischen 0,00 und 0,22, womit zwar wiederum eine positive Tendenz erkennbar ist, ein statistischer Beweis jedoch nicht erbracht werden kann.

Tabelle 40: Korrelationskoeffizienten zwischen Brustbeinlage und Flächennutzung im geburtsnahen Zeitraum

Tageszeit	5ap-1ap	partus	1pp-3pp
Vormittag	0,23*	-0,32	0,00
Nachmittag	0,52***	-0,12	0,22
tägl. Messzeit ges.	0,65***	-0,16	0,17

Ebenfalls ein sehr differenziertes Bild bietet die Ermittlung der Korrelationskoeffizienten von Seitenlage und Minimum Convex Polygonen (Tabelle 41). Im Zeitraum 5ap-1ap sind die Koeffizienten durchweg positiv. Diese Tendenz wird maximal dadurch bestätigt, dass die Werte für den Vormittag und die tägliche Messzeit gesamt in einem geringen bzw. mittleren Maß statistisch zu sichern sind. Am Abkalbungstag und im Zeitraum 1pp-3pp liegen die Korrelationskoeffizienten zwischen 0,05 und -0,18. Damit ist für diese Zeiträume kein Zusammenhang nachweisbar.

Tabelle 41: Korrelationskoeffizienten zwischen Seitenlage und Flächennutzung im geburtsnahen Zeitraum

Tageszeit	5ap-1ap	partus	1pp-3pp
Vormittag	0,24*	-0,08	-0,18
Nachmittag	0,17	0,01	0,05
tägl. Messzeit ges.	0,30**	-0,14	-0,02

Insgesamt gesehen, kann ein Zusammenhang von Flächennutzung und Bewegungsaktivität nicht eindeutig nachgewiesen werden. Es ist dennoch zu erkennen, dass die Koeffizienten im Zeitraum 5ap-1ap mit Ausnahme eines Wertes statistisch zu sichern waren. Sie zeigen sowohl bezüglich der Schrittaktivität als auch bezüglich der Seiten- und Brustbeinlage eine positive Tendenz.

5.5 Diskussion zum Parameter Flächennutzung im geburtsnahen Zeitraum

Im Gegensatz zum Parameter Bewegungsaktivität ist davon auszugehen, dass im Flächennutzungsverhalten erst eine Veränderung messbar wird, wenn die Geburt bereits abgeschlossen ist. Das vorgeburtliche unruhige Verhalten wirkt sich nicht unbedingt auf den Umfang der genutzten Fläche aus. Da sich die Flächennutzung in der vorliegenden Arbeit über den Flächeninhalt definierte, konnte z. B. die Suche nach einem geeigneten Geburtsort und eine eventuelle Isolation von der Herde technisch nicht berücksichtigt werden. Dagegen kann ein neugeborenes immobiles Kalb die Flächennutzung der Mutterkuh, nach der hier vorgegebenen Definition sehr wohl beeinflussen. Diese Annahme begründet sich mit dem Verhalten der Kuh unmittelbar nach der Abkalbung. Sofern die Geburt ohne Komplikationen beendet wird, erhebt sich die Kuh augenblicklich nach der Austreibungsphase und wendet sich dem Kalb zu (KILEY-WORTHINGTON, DE LA PLAIN 1983). Im so genannten Nachgeburtsstadium kümmert sie sich intensiv um ihr Kalb und baut eine andauernde enge Bindung auf (SAMBRAUS 1991; HAßBACHER, SAMBRAUS 2002). In den ersten 3 Stunden p. p. beschränkt sich die Hauptaktivität der Kuh auf das Stehen, zumeist über dem Kalb. Laufen und Fressen kommen hingegen nur minimal vor (KILEY-WORTHINGTON, DE LA PLAIN 1983). Der beschriebene Zustand sorgt für eine messbare Einschränkung der Flächennutzung in den Stunden nach der Abkalbung. Die Berechnung der Flächennutzung im Gruppenmittel der 8 ausgewählten Mutterkühe bestätigt diese Annahme. Betrachtet man zu Beginn die Flächennutzung in den Messzeiten, sind vormittags kleinere Convex Polygone festgestellt worden als nachmittags. Im Zusammenhang mit der Schrittaktivität, ist dieser Aspekt auf die größere Aktivität der Tiere am Nachmittag zurückzuführen. Eigene Beobachtungen bestätigen, dass die Ausdehnung der Flächennutzung am Nachmittag die des Vormittag übertrifft. Die Polygonfläche der gesamten Messzeit ist erwartungsgemäß am größten. Eine Veränderung der Flächennutzung tritt am Abkalbungstag ein. Besonders hervorzuheben sind die verringerten Polygonflächen vom Nachmittag und der täglichen Messzeit gesamt. Der Mittelwertvergleich von a. p. und partus ergab für die Messzeit am Nachmittag eine hoch signifikant geringere Flächennutzung am Abkalbungstag. Die tägliche Messzeit gesamt wies noch einen statistisch gering zu sichernden Unterschied auf. Für den Vormittag konnte keine Signifikanz berechnet werden. Erstaunlich ist die Änderung des Verhältnisses der genutzten Fläche zwischen dem Vormittag und dem Nachmittag ab dem Abkalbungstag. Am Tag der Geburt und danach ist die Flächennutzung am Vormittag größer als am Nachmittag. Demzufolge kommt es in der sehr aktiven Phase der zweiten Tageshälfte zu einer länger andauernden Einschränkung in Flächennutzung. Dieses Verhalten dürfte auf die Anwesenheit des neugeborenen Kalbes zurückzuführen sein. Die Erhöhung der Flächennutzung, verglichen mit Abkalbungstag, ist in den Tagen p. p. nachvollziehbar. Gering signifikant ist die Entwicklung aber nur für die Messzeit am Nachmittag. Eine Annäherung an die Werte vor der Abkalbung stellt sich demnach nicht sofort sondern langsam ein.

Über die Flächennutzung von Rindern im geburtsnahen Zeitraum ist bisher kaum etwas bekannt. Der Umfang der genutzten Fläche wird unter normalen Gegebenheiten besonders vom Weideverhalten und von der Futteraufnahme bestimmt. Erste Analysen von TURNER ET AL. (2002) mit GPS-Empfänger im Halsband einer Kuh zeigten, dass die Flächennutzung einer grasenden Kuh, innerhalb einer begrenzten Weidefläche, weit streut. Abhängig von der Futtergrundlage und der Grasezeit kann sich die Fläche weiter ausdehnen oder enger begrenzen. Eine ruhende Kuh, unabhängig ob liegend oder stehend, hat eine kleine Flächennutzung, welche sich häufig auf die Wasserstelle oder bevorzugte Ruheplätze beschränkt. Je nach Beschaffenheit des Territoriums können sich stark frequentierte und weniger frequentierte Flächen herausbilden (UDAL ET AL. 1998). Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass das Bewegungs- und Ruheverhalten eine Verbindung zur Flächennutzung hat und mit dem Umfang der genutzten Fläche steigt und sinkt. Die berechneten Korrelationskoeffizienten zwischen Schrittaktivität und Flächennutzung bestätigen einen Zusammenhang. Im Zeitraum vor der Abkalbung liegen die Werte zwar nur im geringen bis mittleren positiven Bereich, waren aber zu jeder Messzeit statistisch zu sichern. Mit 0,43 fällt hier der höchste Koeffizient auf die Messzeit am Nachmittag. Wie aus den Analysen der Schrittaktivität bekannt ist, handelt es sich um die aktivere Tageszeit der Tiere. Etwas höhere Korrelationen wurden für den Abkalbungstag ermittelt und dadurch der Zusammenhang zwischen Schrittaktivität und Flächennutzung bestätigt. Eine durch die Abkalbung ausgelöste Veränderung ist nicht nachvollziehbar. Allerdings ist nur der Wert von der Messzeit am Vormittag gering signifikant. Die Koeffizienten aus der Zeit p. p. sind zwar ebenfalls positiv, liegen aber unter denen der anderen Zeiträume und sind ohne statistische Sicherheit, so dass maximal von einer positiven Tendenz gesprochen werden kann. Die Flächennutzung der Mutterkühe ist zu allen Messzeiten nach der Geburt nicht mehr so ausgeprägt wie vorher. Die Schrittaktivität ist p. p. in der ersten Tageshälfte signifikant höher als a. p., während es in der zweiten Tageshälfte keinen signifikanten Unterschied gibt. Deshalb ist es möglich, dass diese Veränderungen den Zusammenhang zwischen Flächennutzung und Schrittaktivität fast aufheben.

Die Betrachtung des Zusammenhanges von Flächennutzung und Brustbeinlage offenbarte erstaunlicherweise besonders für den Zeitraum vor der Abkalbung einen positiven Zusammenhang mit hohen Signifikanzen am Nachmittag sowie der täglichen Messzeit gesamt und eine geringe Signifikanz am Vormittag. Der Zusammenhang ist enger als der zwischen Flächennutzung und Schrittaktivität im gleichen Zeitraum. Die Ergebnisse von UDAL ET AL. (1998) und TURNER ET AL. (2004) ließen bei einer steigenden Liegezeit eine geringere Flächennutzung, folglich einen negativen Zusammenhang, vermuten. Da die Messungen aus technischen Gründen nur in der Tageslichtperiode stattfanden, fiel die Zeit der längsten Ruhephase in den Nacht und frühen Morgenstunden aus den Korrelationsberechnungen heraus. In dieser Zeit wäre auch eine geringe Flächennutzung zu erwarten, so dass hier ein negativer Zusammenhang möglich ist. Die Korrelationen beschränken sich auf die aktive Zeit der Rinder.

Hier treten zwar Liegezeiten auf, aber die Futteraufnahme nimmt ebenfalls einen großen Teil der Zeit in Anspruch. Ein bestimmtes Maß an Liegezeit schließt aber die umfangreiche Nutzung der Weidefläche nicht zwangsläufig aus. Für weitere Erklärungen fehlt die Grundlage. Das betrifft ebenfalls die errechneten Signifikanzen. Die Koeffizienten am Tag der Abkalbung entsprechen eher der Erwartung einer negativen Tendenz im Zusammenhang zwischen Flächennutzung und Brustbeinlage. Da die Werte jedoch in einem niedrigen bis mittleren Bereich liegen und nicht signifikant sind, ist ein Zusammenhang in diesem Zeitraum nicht nachzuweisen. Das gilt ebenso für die Korrelationsberechnungen im Zeitraum p. p.. Die Werte bewegen sich zwischen 0,00 und 0,22 und sind nicht signifikant. Demzufolge ist die Entwicklung der Brustbeinlage in dieser Zeit unabhängig von der Flächennutzung zu sehen.

Die ermittelten Korrelationskoeffizienten zwischen Flächennutzung und Seitenlage sind a. p am Vormittag und in der täglichen Messzeit gesamt gering bzw. mittel signifikant. Die Werte überschreiten 0,30 nicht, weshalb ein enger Zusammenhang ausgeschlossen werden kann. Diese Aussage lässt sich durch die Korrelationsberechnungen aus den Zeiträumen partus und p. p. bestätigen. Hier ist kein Wert statistisch zu sichern und ihr Schwankungsbereich von -0,18 bis 0,05 schließt einen Zusammenhang ebenfalls aus. Grundsätzlich sind die Beziehungen dieser Konstellation nicht von großer Bedeutung, da die Seitenlage nur ein äußerst kleines Zeitfenster umfasst.

Die vorliegende Analyse hat gezeigt, dass Mutterkühe als Reaktion auf eine Abkalbung ihr Verhalten in der Flächennutzung ändern können. Die Anzahl der hinzugezogenen Freiheitsgrade sind insgesamt sehr gering. Deshalb ist diesbezüglich die vorsichtige Befürwortung der Messbarkeit von Veränderungen im geburtsnahen Zeitraum, einer verallgemeinernden Aussage vorzuziehen. Die Einschränkung der Flächennutzung ist eine Reaktion des Muttertieres, die nach dem abgeschlossenen Geburtsvorgang (Abgang der Nachgeburt exklusive) einsetzt. Der Einsatz des Parameters für eine zeitnahe Erkennung erscheint noch möglich. Die Verwendung zur Prognose ist nach der angewandten Methode dagegen ausgeschlossen.

5.6 Ergebnisse Parameter Wasseraufnahme

Die Untersuchung des Parameters Wasseraufnahme unterteilt sich in Analysen der Variablen Tränkebesuche (BES), Tränkekontakte (KON) und aufgenommene Wassermenge (MEN). Damit steht nicht ausschließlich die Auswirkung einer Abkalbung auf den physiologischen Wasserbedarf im Mittelpunkt, sondern zusätzlich die Auswirkung auf das Wasseraufnahmeverhaltens.

Als Grundlage für die Ergebnisse dienen insgesamt 18 Abkalbungen. Die Geburten der Kühe 1 300702, 4 280702 und 7 290702 fanden in einem Landwirtschaftsbetrieb ohne technische Ausstattung zur Messung einzeltierbezogener Wasseraufnahmedaten statt. Deshalb fielen sie aus der Analyse des Parameters heraus. In die Auswertung miteinbezogen, wurde Kuh 7 081102 (siehe Tabelle 20). Aus technischen Gründen konnte der Parameter Wasseraufnahme für Kuh 111 020404 erst ab Tag 9ap fehlerfrei erfasst werden.

5.6.1 Tränkebesuche im Gruppenmittel der 18 Abkalbungen in der Zeit 14ap-14pp

Für jedes Tier steht am Beginn der Wasseraufnahme die Motivation eine Wasserstelle bzw. Tränke aufzusuchen, um ein physiologisches Bedürfnis zu befriedigen. Die durchgeführten Untersuchungen erbrachten eine durchschnittliche Besuchsfrequenz der Tiere von 3-5 Besuchen in 24 Stunden. Der in Abbildung 50 dargestellte Kurvenverlauf für 0-24 Uhr zeigt keine Gleichmäßigkeit, aber eine ansteigende Tendenz im Zeitraum 1pp-14pp. Tatsächlich variiert im Zeitraum 14ap-2ap die Anzahl der Tränkebesuche im Gruppenmittel zwischen 3,0-4,4 pro Tag. P. p. liegen die Mittelwerte zwischen 3,5 und 4,7 Tränkebesuchen. Einen weiteren Hinweis auf tendenziell ansteigende Tränkebesuche p. p. liefert ein Vergleich der Maxima von 14ap-2ap und 1pp-14pp. Von insgesamt 13 relevanten Tagen a. p. besuchte mindestens eine Kuh an 3 Tagen im Maximum 10-11-mal die Tränke. P. p. wurden an jedem der 14 Tage Maximalwerte von 10-14 Tränkebesuche gezählt. Am Abkalbungstag frequentierten die Mutterkühe im Mittel 3,0-mal die Tränke, am Tag zuvor 3,6-mal. Der Wert des Abkalbungstages entspricht dem kleinsten verzeichneten Mittelwert, doch wurden 3,0 Tränkebesuche auch für den Tag 11ap errechnet. Die Erfassung der Minimumwerte über alle Untersuchungstage ergab zudem, dass an 14 von 29 Tagen die Tränke von mindestens einem Tier in 24 Stunden überhaupt nicht genutzt wurde. Folglich suchen, trotz einer ständigen Wasserverfügbarkeit, nicht alle Tiere die Tränke täglich auf.

Die Standardabweichung an allen 29 Untersuchungstagen schwankt zwischen 35,7% im Minimum am Tag 6ap und 91,4% im Maximum am Tag 3pp.

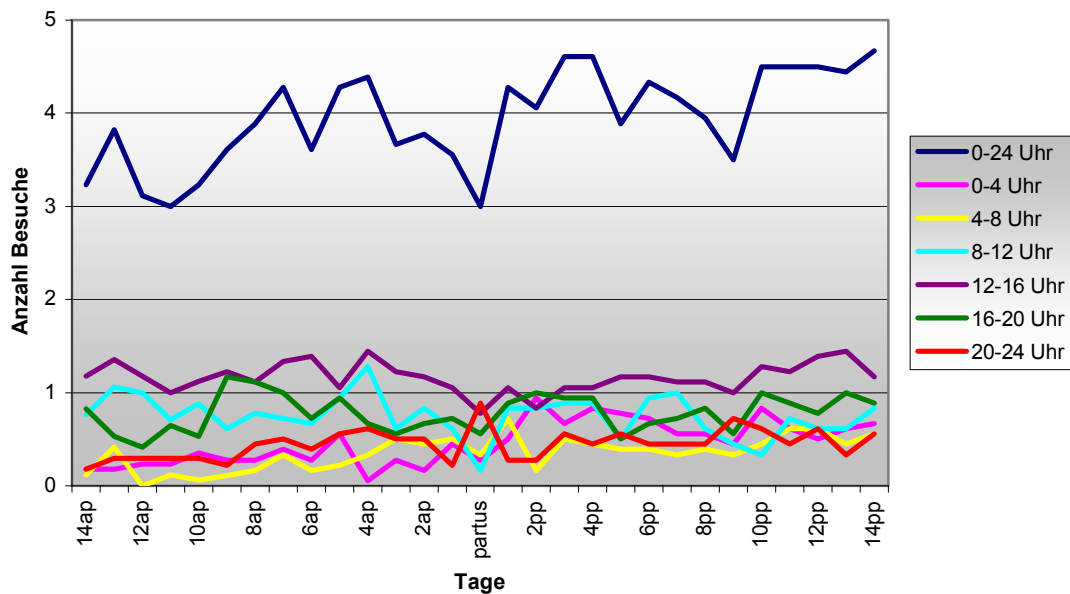


Abbildung 50: Gruppenmittel der Tränkebesuche von 18 Abkalbungen – Anteile der 4-Stunden Tageszeitabschnitte

Die Unterteilung des gesamten Tages in 4-Stunden Tageszeitabschnitte, soll einen Überblick über die Verteilung der Tränkebesuche ermöglichen. Aus Abbildung 50 ist ersichtlich, dass in den Tagesanschnitten 0-4 Uhr, 4-8 Uhr und 20-24 Uhr die Anzahl der Tränkebesuche a. p. am geringsten ist. Auffällig ist der Peak am Abkalbungstag im Tageszeitabschnitt 20-24 Uhr mit einem Gruppenmittel von 0,9 Besuchen. Das ist die höchste Besuchsfrequenz dieses Tageszeitabschnittes an allen 29 Untersuchungstagen. Den Kurvenverläufen der angesprochenen Tageszeitabschnitte ist eine ansteigende Tendenz nach der Abkalbung zu entnehmen, wobei die Entwicklung vom Tageszeitabschnitt 0-4 Uhr am deutlichsten hervortritt. Im Vergleich weisen die Mutterkühe im Zeitraum 14ap-2ap im Mittel eine Besuchsanzahl von 0,1-0,4 auf und im Zeitraum 1pp-14pp eine Besuchsanzahl von 0,4-0,9. Am häufigsten wurde die Tränke vor der Abkalbung in der Zeit von 12-16 Uhr mit 1,0-1,4 Mal frequentiert. Der kleinste Mittelwert ergab sich mit 0,8 für den Abkalbungstag und den 2. Tag p. p.. Danach liegt das Gruppenmittel p. p. zwischen 1,0-1,4. Einen deutlichen Rückgang der durchschnittlichen Besuchsfrequenz tritt am Abkalbungstag im Tageszeitabschnitt 8-12 Uhr auf. Besonders im Vergleich zu den Tagen 14ap-2ap, mit einem kleinsten Mittel von 0,6, liegt die Anzahl der Besuche am Abkalbungstag mit 0,2 klar darunter. Auffällig ist ebenfalls, dass die drei Tageszeitabschnitte mit der höchsten Besuchsfrequenz a. p. (8-12 Uhr, 12-16 Uhr, 16-20 Uhr) auf ungefähr dem gleichen Niveau p. p. verbleiben.

Die kleinste Standardabweichung aller Untersuchungstage der 4-Stunden Tageszeitabschnitte liegt bei 61,8%. In der Mehrzahl aller ermittelten Werte erreicht s^2 mindestens 100% oder geht darüber hinaus.

Bei Einteilung des Tages in 8-Stunden Tageszeitabschnitte ergibt sich erwartungsgemäß die höchste Besuchszahl für den Tageszeitabschnitt 8-16 Uhr (Abbildung 51). Dieses Verhalten ist bis auf eine Ausnahme am Abkalbungstag über den gesamten Untersuchungszeitraum vorhanden. Der Rückgang am Abkalbungstag, auf durchschnittlich 0,9 Besuche, ist im Vergleich zum Zeitraum 14ap-2ap sehr stark ausgeprägt und wiederholt sich in keinem anderen Tageszeitabschnitt. Die Besuchsfrequenz beläuft sich vor der Abkalbung auf 1,7-2,7 und p. p. auf 1,4-2,1. Während sich die Besuche im Tageszeitabschnitt 16-24 Uhr über den Untersuchungszeitraum kaum verändern, ist im Tageszeitabschnitt 0-8 Uhr besonders p. p. ein deutlich ansteigender Verlauf zu erkennen. Vor der Abkalbung liegt die Frequenz im Bereich von 0,2-0,8 und p. p. im Bereich von 0,8-1,3 Besuchen. Im Zeitraum 1ap-partus ist keine Tendenz für den Tageszeitabschnitt 0-8 Uhr erkennbar.

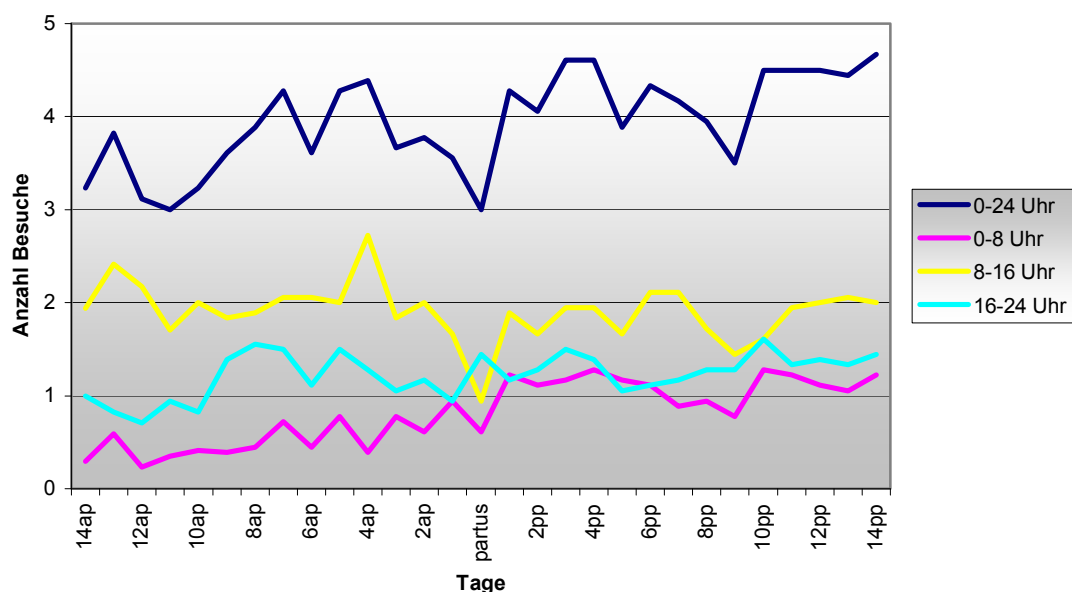


Abbildung 51: Gruppenmittel der Tränkebesuche von 18 Abkalbungen – Anteile der 8-Stunden Tageszeitintervalle

Mit 43,7% wurde die geringste Standardabweichung der 3 Tageszeitintervalle am Tag 12ap im Tageszeitabschnitt 8-16 Uhr ermittelt. Die größte Standardabweichung fällt hier mit 168,3% auf den Abkalbungstag. In der Zeit von 0-8 Uhr liegt s^2 bis auf 7 Tage im gesamten Untersuchungszeitraum auf dem Niveau des Mittelwertes oder darüber. Im Tageszeitabschnitt 16-24 Uhr bewegt sich s^2 zwischen 52,5-114,8%.

Die Unterteilung des Tages in 12-Stunden Tageszeitabschnitte in Abbildung 52 zeigt, dass die Anzahl der Tränkebesuche in der zweiten Tageshälfte im Untersuchungszeitraum überwiegt. Einen sichtbaren Einschnitt am Abkalbungstag ist wiederum für den Tageszeitabschnitt 0-12 Uhr erkennbar.

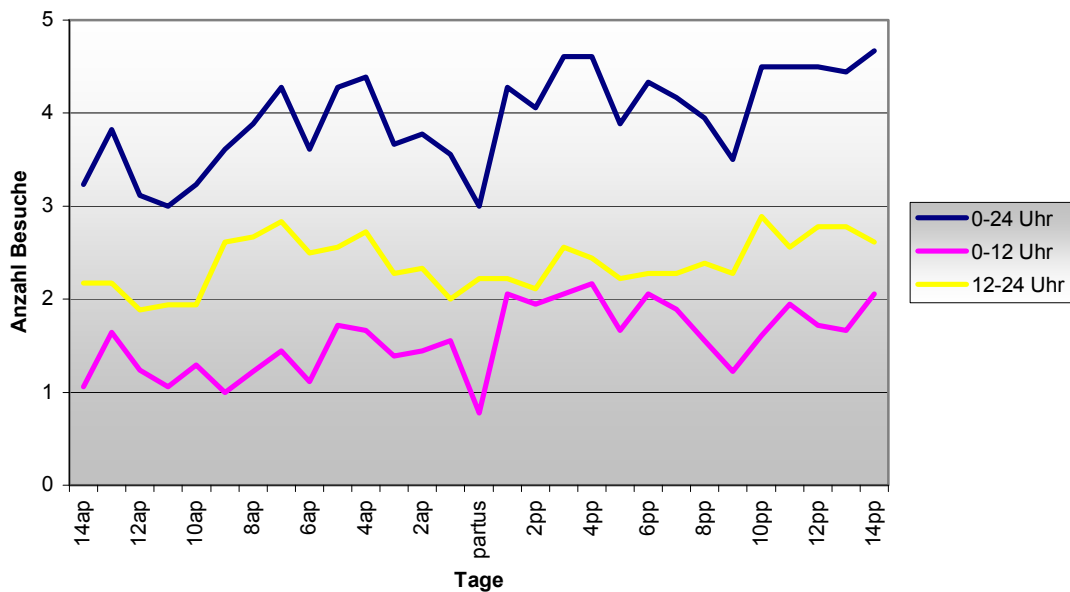


Abbildung 52: Gruppenmittel der Tränkebesuche von 18 Abkalbungen – Anteile der 12-Stunden Tageszeitintervalle

Durch den Anstieg der Besuchsfrequenz in der ersten Tageshälfte und das gleichbleibende Niveau in der zweiten Tageshälfte rücken die Kurvenverläufe beider Tageszeitabschnitte p. p. tendenziell enger zusammen. Diese Entwicklung ist ebenso bei den 8-Stunden Tageszeitabschnitten ausgeprägt. Insgesamt wurden im Gruppenmittel in der ersten Tageshälfte vor der Abkalbung zwischen 1,0-1,7 Besuche registriert. Am Tag vor der Abkalbung sind es 1,6 Besuche und am Abkalbungstag sinkt der Wert auf 0,8. P. p. liegen die Besuche bei durchschnittlich 1,2-2,2. In der zweiten Tageshälfte wurde die Tränke im Durchschnitt zwischen 1,9 und 2,9-mal besucht.

Die Standardabweichung bewegt sich im Tageszeitabschnitt 0-12 Uhr von 56,9-133,2% und im Tageszeitabschnitt 12-24 Uhr von 46,5-101,9%.

5.6.2 Mittelwertvergleich der Tränkebesuche ante partum, partus und post partum

Mit der Gegenüberstellung der Zeiträume 14ap-2ap, 1ap-partus und 1pp-14pp sollen auch beim Parameter Wasseraufnahme mögliche, durch eine Abkalbung hervorgerufene Änderungen auf signifikante Unterschiede geprüft werden. Beginnend mit den Tränkebesuchen ist der Vergleich zwischen den Zeiträumen a. p. und p. p dargestellt. Berücksichtigt sind nur Tageszeitabschnitte mit signifikanten Unterschieden (Tabelle 42). In 6 von 12 Tageszeitabschnitten ist ein Unterschied statistisch zu sichern. Als hoch signifikant verschieden erweisen sich Tageszeitabschnitte der ersten Tageshälfte (0-8 Uhr, 0-4 Uhr und 4-8 Uhr), wobei p. p. eine höhere Anzahl Tränkebesuche registriert wurde.

In den Tageszeitabschnitten mit einem statistisch gering zu sichernden Unterschied (8-16 Uhr, 8-12 Uhr) liegt die Besuchsfrequenz a. p. geringfügig höher.

Tabelle 42: Vergleich der Tränkebesuche a. p. und p. p.

TAGESZEIT	ZEITRAUM	n	MW	STABW	MIN	MAX	SIGNIFIKANZ
0 bis 12 Uhr	14ap-2ap	18	1,3	1,2	0,0	7,0	0,002**
	1pp-14pp	18	1,8	1,7	0,0	11,0	
0 bis 8 Uhr	14ap-2ap	18	0,5	0,7	0,0	3,0	0,000***
	1pp-14pp	18	1,1	1,2	0,0	9,0	
8 bis 16 Uhr	14ap-2ap	18	2,0	1,4	0,0	7,0	0,036*
	1pp-14pp	18	1,9	1,6	0,0	7,0	
0 bis 4 Uhr	14ap-2ap	18	0,3	0,5	0,0	2,0	0,000***
	1pp-14pp	18	0,7	0,9	0,0	5,0	
4 bis 8 Uhr	14ap-2ap	18	0,2	0,5	0,0	2,0	0,000***
	1pp-14pp	18	0,5	0,7	0,0	4,0	
8 bis 12 Uhr	14ap-2ap	18	0,8	0,9	0,0	5,0	0,033*
	1pp-14pp	18	0,7	0,9	0,0	5,0	

Der Vergleich der Zeiträume 14ap-2ap und 1ap-partus erbringt, bezüglich der Tränkebesuche, in nur 3 von 12 Tageszeitabschnitten signifikante Differenzen (Tabelle 43). In den Tageszeitabschnitten 8-16 Uhr und 8-12 Uhr sind die Unterschiede auf mittlerem Niveau statistisch zu sichern sowie in der Zeit von 12-16 Uhr auf geringem Niveau. In allen 3 Fällen ist die mittlere Anzahl der Tränkebesuche im Zeitraum 1ap-partus geringer als im Zeitraum 14ap-2ap.

Tabelle 43: Vergleich der Tränkebesuche a. p. und partus

TAGESZEIT	ZEITRAUM	n	MW	STABW	MIN	MAX	SIGNIFIKANZ
8 bis 16 Uhr	14ap-2ap	18	2,0	1,4	0,0	7,0	0,002**
	1ap-partus	18	1,3	1,4	0,0	4,0	
8 bis 12 Uhr	14ap-2ap	18	0,8	0,9	0,0	5,0	0,002**
	1ap-partus	18	0,4	0,6	0,0	2,0	
12 bis 16 Uhr	14ap-2ap	18	1,2	0,9	0,0	4,0	0,023*
	1ap-partus	18	0,9	1,1	0,0	4,0	

Bei Gegenüberstellung der Zeiträume 1ap-partus und 1pp-14pp fällt auf, dass in 2 von 12 Tageszeitabschnitten zwar signifikante Unterschiede auftreten, diese aber nur gering statistisch zu sichern sind (Tabelle 44). In beiden Tageszeitabschnitten wurde p. p. eine höhere Besuchsfrequenz registriert.

Tabelle 44: Vergleich der Tränkebesuche partus und p. p.

TAGESZEIT	ZEITRAUM	n	MW	STABW	MIN	MAX	SIGNIFIKANZ
0 bis 12 Uhr	1ap-partus	18	1,2	1,3	0,0	5,0	0,017*
	1pp-14pp	18	1,8	1,7	0,0	11,0	
8 bis 16 Uhr	1ap-partus	18	1,3	1,4	0,0	4,0	0,045*
	1pp-14pp	18	1,9	1,6	0,0	7,0	

5.6.3 Einzeltieranalyse der Tränkebesuche mit der Lowessfunktion

Für die Einzeltieranalyse mittels Lowessfunktion ist zu Beginn wie bei der Bewegungsaktivität die beste Form der Glättung ermittelt worden. Die Berechnungen basieren auf stündlichen Daten. Die Abbildungen 53-55 zeigen, dass die kleinstmögliche Prozentzahl, den besten Trendverlauf hervorbringt und im Fall von Kuh 7 081102 einen Anstieg der Besuchsfrequenz p. p. erkennen lässt. Bei diesem Tier liegt die kleinstmögliche zugelassene Prozentzahl bei 1,5%.

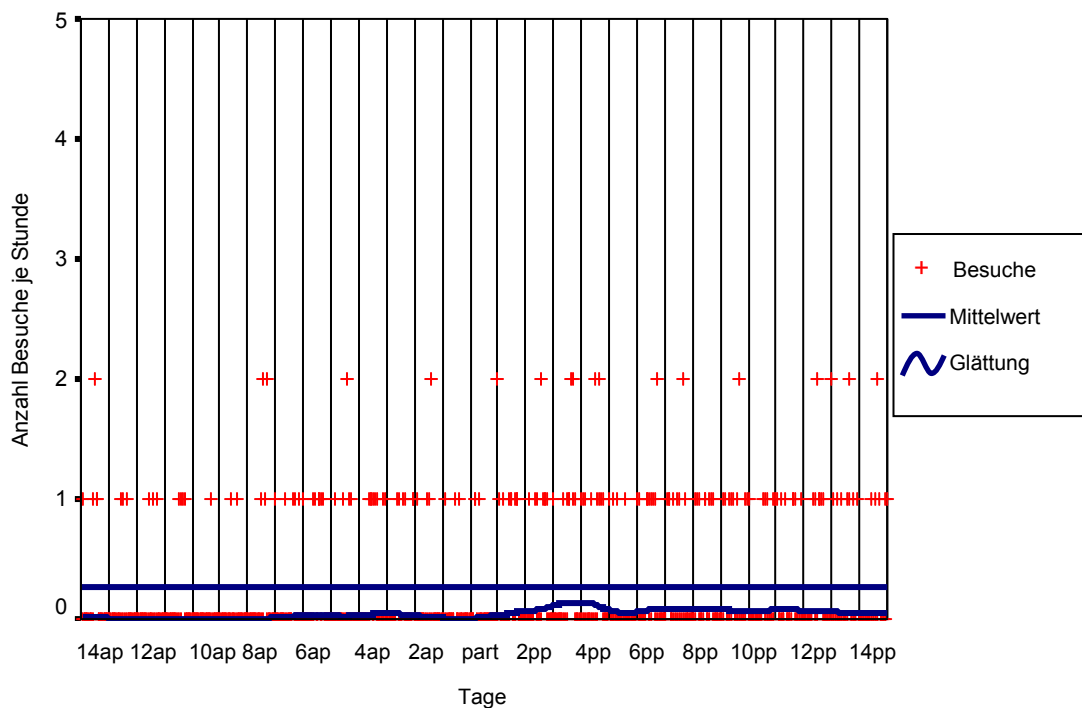


Abbildung 53: Tränkebesuche – Scatterplot der Kuh 7 081102 mit 10%iger Glättung

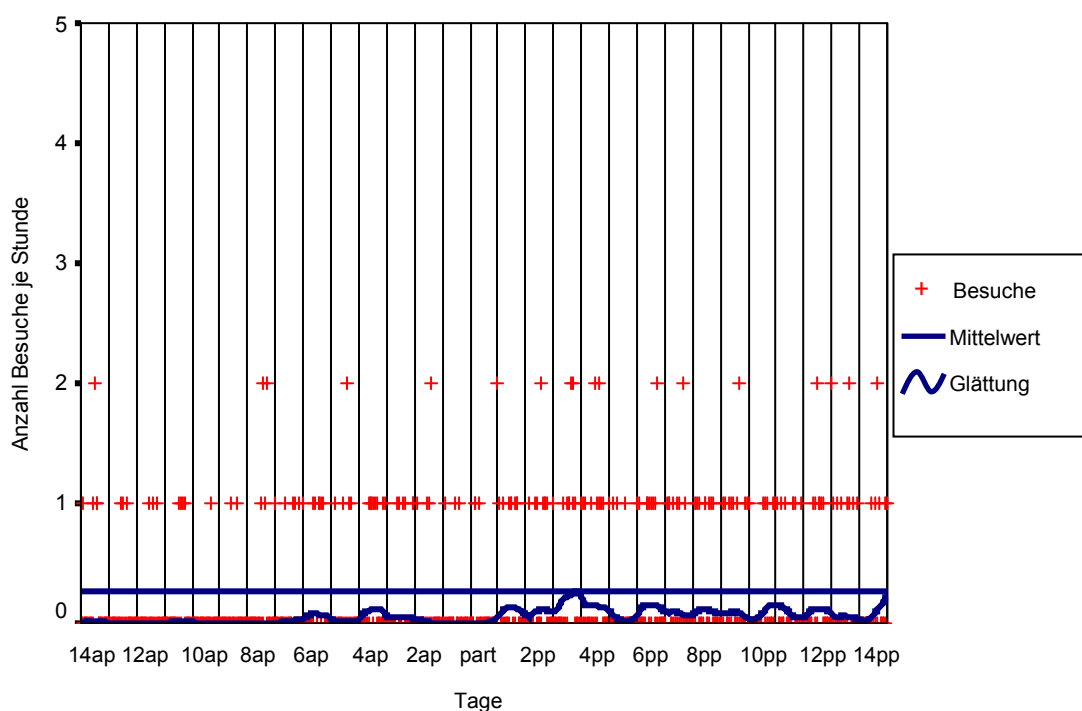


Abbildung 54: Tränkebesuche – Scatterplot der Kuh 7 081102 mit 5%iger Glättung

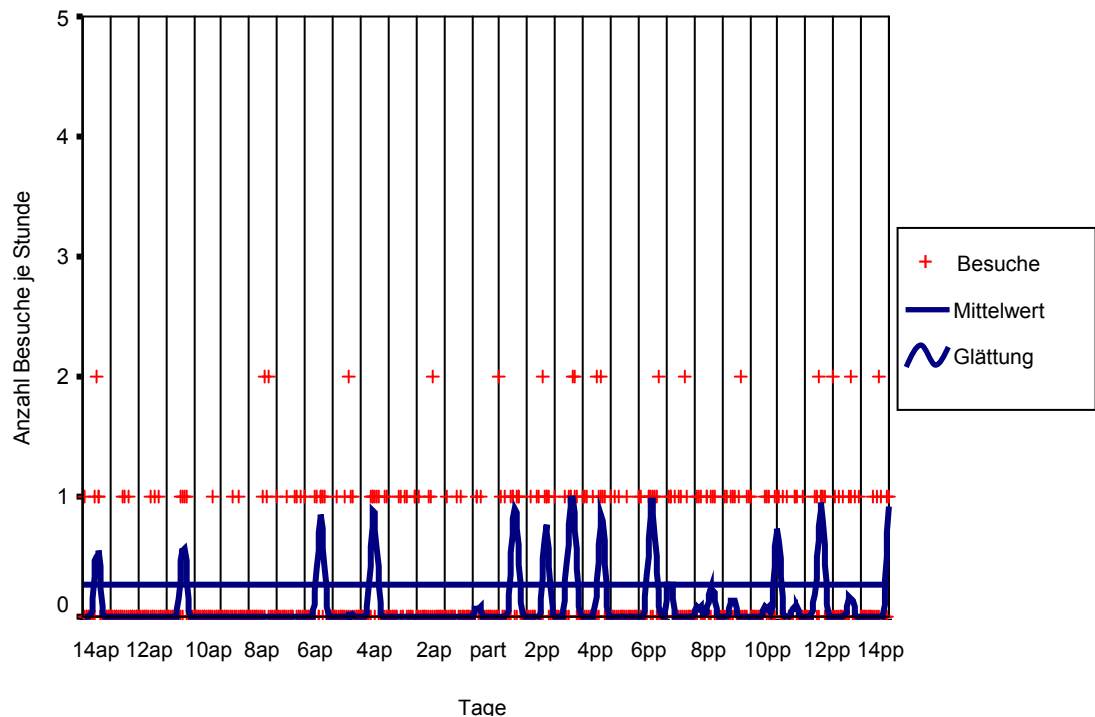


Abbildung 55: Tränkebesuche – Scatterplot der Kuh 7 081102 mit 1,5%iger Glättung

Die Auswertung der anderen Mutterkühe ergab im Bereich der Tränkebesuche keinen eindeutigen Trend. So weist z. B. Kuh 6 241102 eine erhöhte Besuchsfrequenz kurz nach der Abkalbung auf, während Kuh 28 120303 keine Veränderungen zeigt.

5.6.4 Einzeltieranalyse der Tränkebesuche mit der Fourieranalyse

Die Fourieranalyse der Tränkebesuche, dargestellt in Abbildung 56 und 57, ergibt im Überblick kaum Periodizitäten in der Besuchsfrequenz. LKG konnten nur vereinzelt berechnet werden. An 13 von 29 Tagen wurden für keines der Tiere LKG ermittelt. Aufgrund dieser Einzeltielergebnisse sind die Mittelwerte (Abbildung 56) sehr klein bzw. konnten an mehreren Tagen nicht berechnet werden.

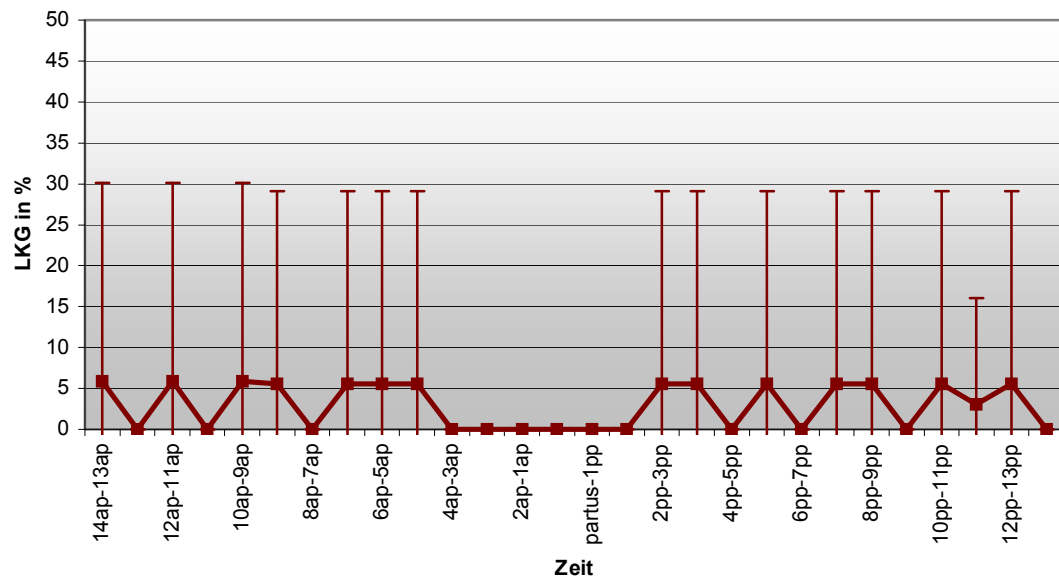


Abbildung 56: Tränkebesuche – LKG im Gruppenmittel der 20 Abkalbungen in der Zeit 14ap-14pp

Einen ähnlicher Verlauf ist bei Betrachtung der Harmonischen Anteile zu erkennen. Für die Tage ohne festgestellten LKG konnte auch kein Harmonischer Anteil berechnet werden. An den übrigen Tagen sind die niedrigen Mittelwerte unter 2% als gegenstandslos anzusehen. Demzufolge ist weder bei den LKG noch bei den Harmonischen Anteilen im Zeitverlauf eine Tendenz zu erkennen, da sich die Mutterkühe in ihrer Besuchsfrequenz nicht periodisch verhalten und keinen nachweisbaren Rhythmus zeigen.

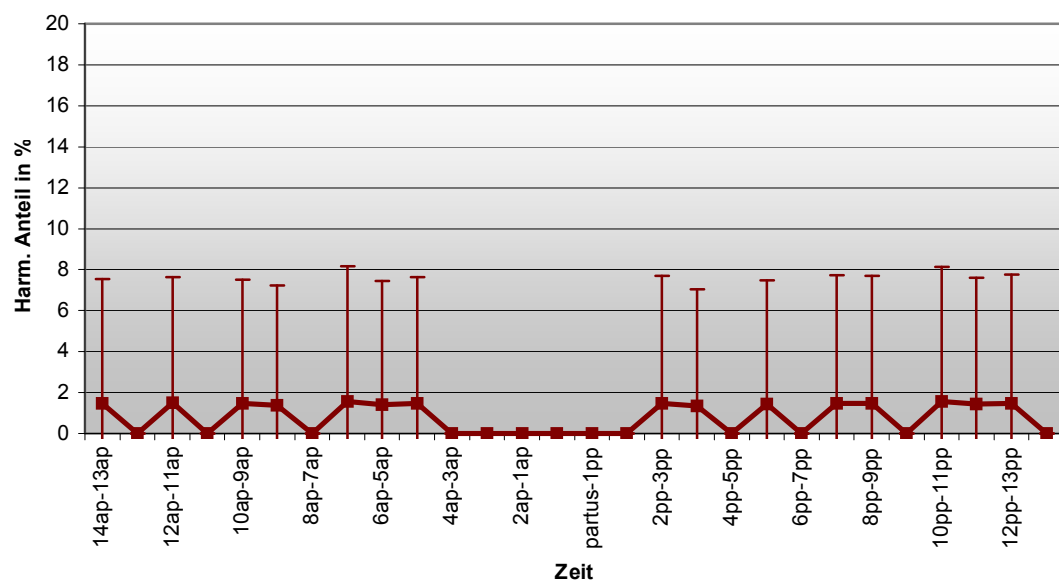


Abbildung 57: Tränkebesuche – Harmonischer Anteil im Gruppenmittel der 20 Abkalbungen in der Zeit 14ap-14pp

Da Tränkebesuche Voraussetzung für Tränkekontakte und Wasseraufnahme sind, ist davon auszugehen, dass auch hier keine Periodizitäten auftreten. Deshalb wurde die Fourieranalyse bei Tränkekontakten und aufgenommener Wassermenge nicht angewandt.

5.6.5 Tränkekontakte im Gruppenmittel der 18 Abkalbungen in der Zeit 14ap-14pp

Die Anzahl der Anmeldungskontakte (Tränkekontakte) liegt in der Regel über den Tränkebesuchen, weil sich die Tiere während eines Besuches oft mehrmals an der Tränke mit dem im Halsband befindlichen Sensor anmeldeten.

Der in Abbildung 58 dargestellte Kurvenverlauf für die Zeit 0-24 Uhr zeigt zwischen 14ap-2ap eine große Spannweite mit durchschnittlich 8,4-14,2 Tränkekontakten. Während am Tag vor der Abkalbung mit einer Anzahl von 9,7 Kontakten noch keine Veränderung zu den vorherigen Tagen absehbar ist, sinken die Tränkekontakte am Abkalbungstag auf 6,9 und damit auf das absolute Minimum des gesamten Untersuchungszeitraumes. Im Zeitraum 1pp-14pp ergibt sich, verglichen mit a. p., ungefähr die gleiche Spannweite mit 9,1-15,0 Tränkekontakten. Bei der Auswertung der Tränkebesuche wurde bereits festgestellt, dass an 14 Tagen p. p. von mindestens einem Tier kein Tränkebesuch registriert wurde. Gleiches gilt für die Tränkekontakte.

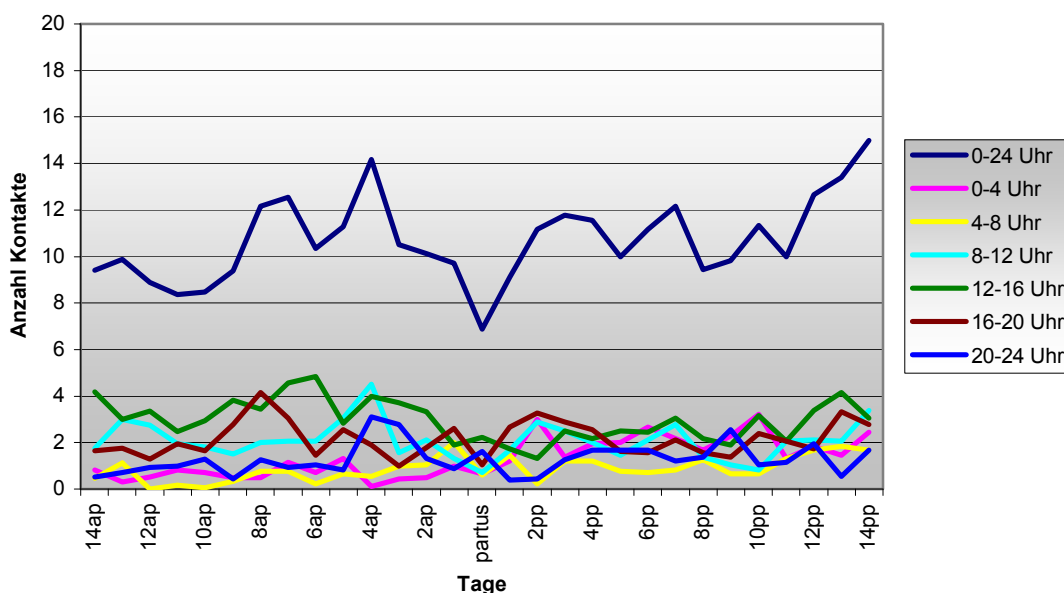


Abbildung 58: Gruppenmittel der Tränkekontakte von 18 Abkalbungen – Anteile der 4-Stunden Tageszeitabschnitte

Für die Zeitspanne von 0-24 Uhr wurden Standardabweichungen zwischen 52,5-107,6% berechnet. Dabei entfällt das Maximum auf den Abkalbungstag.

In Abbildung 58 sind ebenfalls die 4-Stunden Tageszeitabschnitte dargestellt. Zwischen 0-4 Uhr, 4-8 Uhr und 20-24 Uhr kommt es im Zeitraum 14ap-2ap zur durchschnittlich geringsten Anzahl an Tränkekontakten. Den Kurvenverläufen ist keine auffällige Veränderung am Abkalbungstag zu entnehmen. P. p. ergibt sich aber eine ansteigende Tendenz, wobei die Entwicklung vom Tageszeitabschnitt 0-4 Uhr am deutlichsten hervortritt. Die Anzahl der Tränkekontakte in den Tageszeitabschnitten 0-4 Uhr und 4-8 Uhr bewegt sich a. p. zwischen 0,0 und 1,2. Ein analoger Verlauf ist für den Tageszeitabschnitt 20-24 Uhr nachvollziehbar, ausgenommen der Tage 4ap und 3ap mit durchschnittlich 3,1 bzw. 2,8 Kontakten. Die häufigsten Tränkekontakte wurden vor der Abkalbung zumeist in der Zeit von 12-16 Uhr mit 2,5-4,8-mal registriert. Für diesen Tageszeitabschnitt sinkt der Mittelwert am Tag 1ap im Vergleich zu den Vortagen auf 1,9 Tränkekontakte und erreicht am Tag 2pp mit 1,3 den kleinsten Wert. Danach nehmen die Tränkekontakte wieder leicht zu, aber verbleiben auf einem niedrigeren Niveau als a. p.. Einen deutlichen Rückgang der Tränkekontakte tritt am Abkalbungstag, wie schon bei den Tränkebesuchen, im Tageszeitabschnitt 8-12 Uhr auf. Im Vergleich zu den Tagen 14ap-2ap mit einem kleinsten Mittel von 1,5 liegen die Tränkekontakte am Abkalbungstag mit 0,7 klar darunter.

Die kleinste ermittelte Standardabweichung aus allen 4-Stunden Tageszeitabschnitten liegt bei 81,0%. In der Regel überschreitet s^2 100% und reicht bis 424,3%.

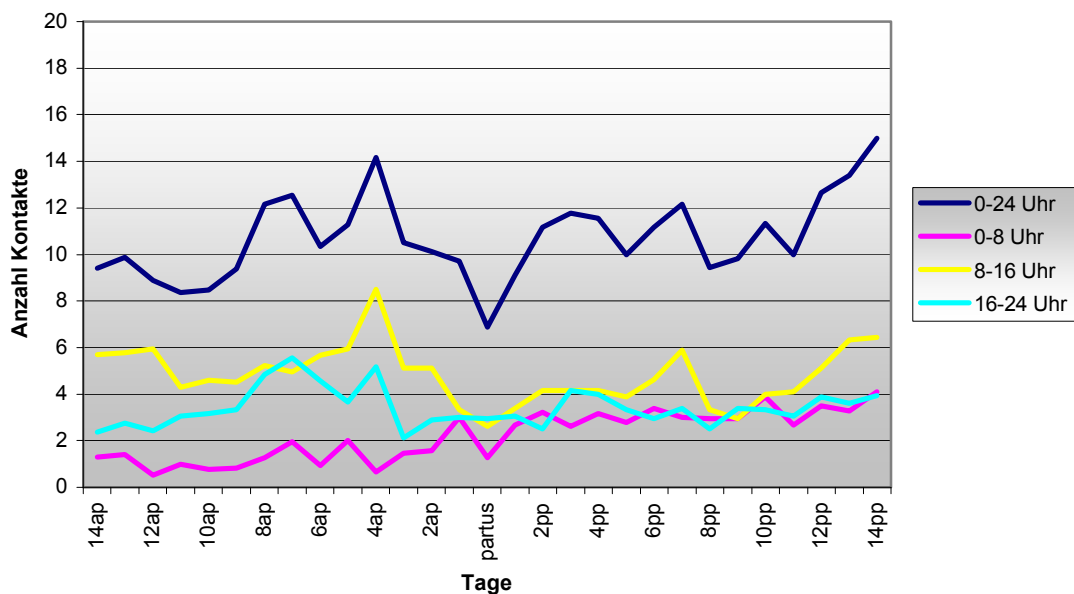


Abbildung 59: Gruppenmittel der Tränkekontakte von 18 Abkalbungen – Anteile der 8-Stunden Tageszeitabschnitte

Bei einer Einteilung des Tages in 8-Stunden Tageszeitabschnitte wurden in der Regel zwischen 8-16 Uhr die meisten Tränkekontakte ermittelt (Abbildung 59). Der Rückgang am Abkalbungstag ist im Vergleich zum Zeitraum 14ap-2ap sehr stark ausgeprägt. Mit durchschnittlich 2,6 Kontakten wurde hier die kleinste Anzahl festgestellt. Tendenziell bleiben die Tränkekontakte p. p. unter dem Niveau von a. p. Ein ansteigender Kurvenverlauf wird für den Tageszeitabschnitt 0-8 Uhr verzeichnet. Die Anzahl der Tränkekontakte liegt a. p. zwischen 0,5 und 2,0. Nachdem am Tag 1ap und am Abkalbungstag Mittelwerte von 3,0 und 1,3 berechnet wurden, bewegen sie sich p. p. zwischen 2,6 und 4,1. Die Kurvenverläufe zeigen in ihrer Entwicklung auch, dass sich die Anzahl der Kontakte p. p. in den Tageszeitabschnitten ausgleicht und keine deutliche Verteilung auf verschiedene Tageszeiten zu beobachten ist.

Die geringste Standardabweichung ergab sich mit 64,1% im Tageszeitabschnitt 8-16 Uhr am Tag 6ap. Die höchste Standardabweichung wurde für den Abkalbungstag mit 236,9% ebenfalls im Tageszeitabschnitt 8-16 Uhr berechnet.

Die Darstellung der 12-Stunden Tageszeitabschnitte in Abbildung 60 zeigt eine erwartungsgemäß wenige Tränkekontakte in der ersten Tageshälfte im Zeitraum 14ap-2ap. Die Annäherung beider Kurven p. p. ist so ausgeprägt, dass die Tränke von den Mutterkühen, sowohl von 0-12 Uhr als auch von 12-24 Uhr, tendenziell genauso häufig kontaktiert wurde. Im Zeitraum 14ap-2ap wurden zwischen 0-12 Uhr durchschnittlich 2,3-5,2 Kontakte und zwischen 12-24 Uhr durchschnittlich 5,4-8,8 Kontakte gezählt.

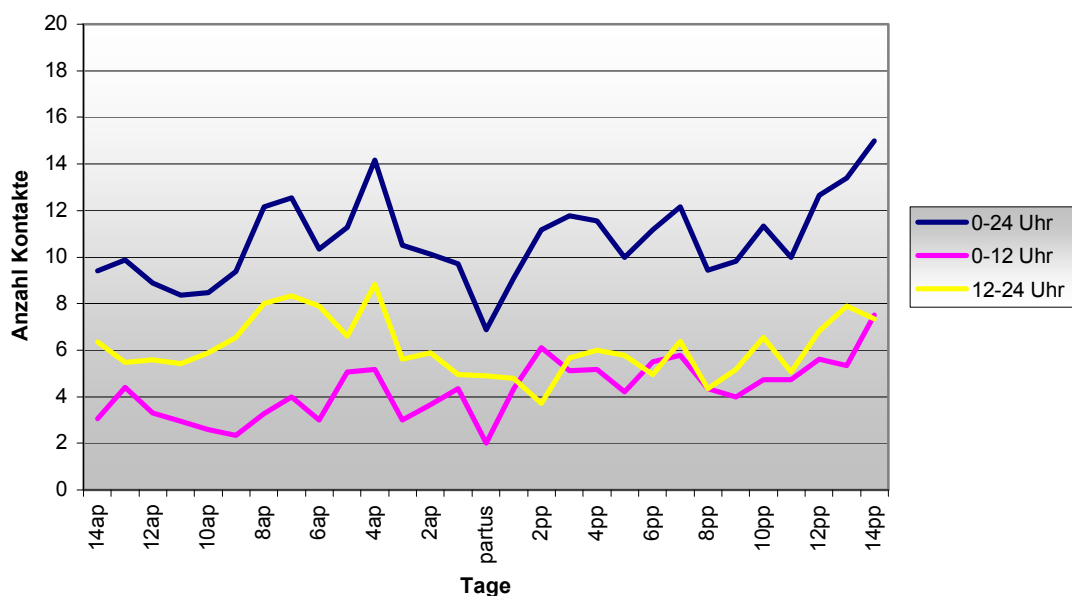


Abbildung 60: Gruppenmittel der Tränkekontakte von 18 Abkalbungen – Anteile der 12-Stunden Tageszeitabschnitte

Im Zeitraum 1pp-14pp liegen die Werte, verglichen mit a. p., in der ersten Tageshälfte mit 4,0-7,5 höher und in der zweiten Tageshälfte mit 3,7-7,9 niedriger. Weniger Tränkekontakte am Abkalbungstag wurden in der Zeit von 0-12 Uhr mit einem Mittelwert von 2,0 registriert.

Die Standardabweichung variiert im Tageszeitabschnitt 0-12 Uhr von 69,0-164,9%. Etwas geringer fällt s^2 im Tageszeitabschnitt 12-24 Uhr aus. Hier streuen die Werte von 58,2-118,4%.

5.6.6 Mittelwertvergleich der Tränkekontakte ante partum, partus und post partum

Der Vergleich zwischen den Zeiträumen 14ap-2ap und 1pp-14pp ergibt, bezüglich der registrierten Tränkekontakte, signifikante Unterschiede in 7 von 12 Tageszeitabschnitten (Tabelle 45). In den Tageszeitabschnitten 0-12 Uhr, 0-8 Uhr, 0-4 Uhr und 4-8 Uhr liegen die ermittelten Tränkekontakte p. p. höher, wobei der Unterschied zwischen 0-12 Uhr nur eine geringe Signifikanz aufweist. In den Tageszeitabschnitten 8-16 Uhr, 8-12 Uhr und 12-16 Uhr wurden p. p. signifikant weniger Tränkekontakte registriert.

Tabelle 45: Vergleich der Tränkekontakte a. p. und p. p.

TAGESZEIT	ZEITRAUM	n	MW	STABW	MIN	MAX	SIGNIFIKANZ
0 bis 12 Uhr	14ap-2ap	18	3,5	3,6	0,0	23,0	0,011*
	1pp-14pp	18	5,2	5,6	0,0	28,0	
0 bis 8 Uhr	14ap-2ap	18	1,2	2,0	0,0	9,0	0,000***
	1pp-14pp	18	3,2	4,4	0,0	25,0	
8 bis 16 Uhr	14ap-2ap	18	5,9	5,3	0,0	37,0	0,000***
	1pp-14pp	18	4,6	4,7	0,0	26,0	
0 bis 4 Uhr	14ap-2ap	18	0,7	1,4	0,0	8,0	0,000***
	1pp-14pp	18	2,0	3,7	0,0	25,0	
4 bis 8 Uhr	14ap-2ap	18	0,6	1,4	0,0	8,0	0,000***
	1pp-14pp	18	1,1	2,2	0,0	15,0	
8 bis 12 Uhr	14ap-2ap	18	2,3	2,9	0,0	23,0	0,012*
	1pp-14pp	18	2,0	3,2	0,0	15,0	
12 bis 16 Uhr	14ap-2ap	18	3,6	4,0	0,0	29,0	0,001***
	1pp-14pp	18	2,5	3,0	0,0	15,0	

Zu signifikant weniger Tränkekontakte kam es im Zeitraum 1ap-partus, verglichen mit dem Zeitraum 1ap-14ap, in 5 von 12 untersuchten Tageszeitabschnitten (Tabelle 46). Zwischen 0-24 Uhr und 0-12 Uhr wurde dabei nur einen gering signifikanter Unterschied ermittelt. Dagegen ist die Differenz der kleineren Tageszeitabschnitte 8-16 Uhr, 8-12 Uhr und 12-16 Uhr mittel bis hoch signifikant.

Tabelle 46: Vergleich der Tränkekontakte a. p. und partus

TAGESZEIT	ZEITRAUM	n	MW	STABW	MIN	MAX	SIGNIFIKANZ
0 bis 24 Uhr	14ap-2ap	18	10,5	7,9	0,0	54,0	0,040*
	1ap-partus	18	8,3	7,2	0,0	26,0	
12 bis 24 Uhr	14ap-2ap	18	6,9	6,2	0,0	41,0	0,040*
	1ap-partus	18	5,1	5,2	0,0	23,0	
8 bis 16 Uhr	14ap-2ap	18	5,9	5,3	0,0	37,0	0,000***
	1ap-partus	18	3,1	4,7	0,0	24,0	
8 bis 12 Uhr	14ap-2ap	18	2,3	2,9	0,0	23,0	0,001***
	1ap-partus	18	1,0	2,3	0,0	12,0	
12 bis 16 Uhr	14ap-2ap	18	3,6	4,0	0,0	29,0	0,004**
	1ap-partus	18	2,1	3,0	0,0	12,0	

In exakt den gleichen Tageszeitabschnitten, wie bei den Tränkebesuchen, wurde auch bei den Tränkekontakten, zwischen den Zeiträumen 1ap-partus und 1pp-14pp, geringe signifikante Unterschiede festgestellt (Tabelle 47). Wie auch die Anzahl der Besuche liegt die Anzahl der Tränkekontakte p. p. in den signifikanten Tageszeitabschnitten höher.

Tabelle 47: Vergleich der Tränkekontakte partus und p. p.

TAGESZEIT	ZEITRAUM	n	MW	STABW	MIN	MAX	SIGNIFIKANZ
0 bis 12 Uhr	1ap-partus	18	3,2	4,4	0,0	18,0	0,013*
	1pp-14pp	18	5,2	5,6	0,0	28,0	
8 bis 16 Uhr	1ap-partus	18	3,1	4,7	0,0	24,0	0,016*
	1pp-14pp	18	4,6	4,7	0,0	26,0	

5.6.7 Einzeltieranalyse der Tränkekontakte mit der Lowessfunktion

Auch bei Anwendung der Lowessfunktion bezüglich der Tränkekontakte erbrachte die kleinstmögliche Prozentzahl die aussagefähigsten Glättungskurven (Abbildung 61). Der Scatterplot von Kuh 7 081102 bestätigt die bereits gewonnene Erkenntnis, dass die Anzahl der Tränkekontakte in der Regel über den Tränkebesuchen liegt. Im unten aufgeführten Beispiel sind nach der Abkalbung tendenziell mehr Tränkekontakte zu erkennen, doch ist das Verhalten dieser Kuh nicht stellvertretend für die gesamte Tiergruppe. Von 18 untersuchten Abkalbungen ist visuell nur bei zwei weiteren Tieren (25 241102, 6 150904) ein Anstieg der Tränkekontakte p. p. klar festzustellen. Die Anzahl der Tränkekontakte unterscheidet sich tierindividuell. Einen eindeutigen Trend über alle Tiere hinweg gibt es nicht.

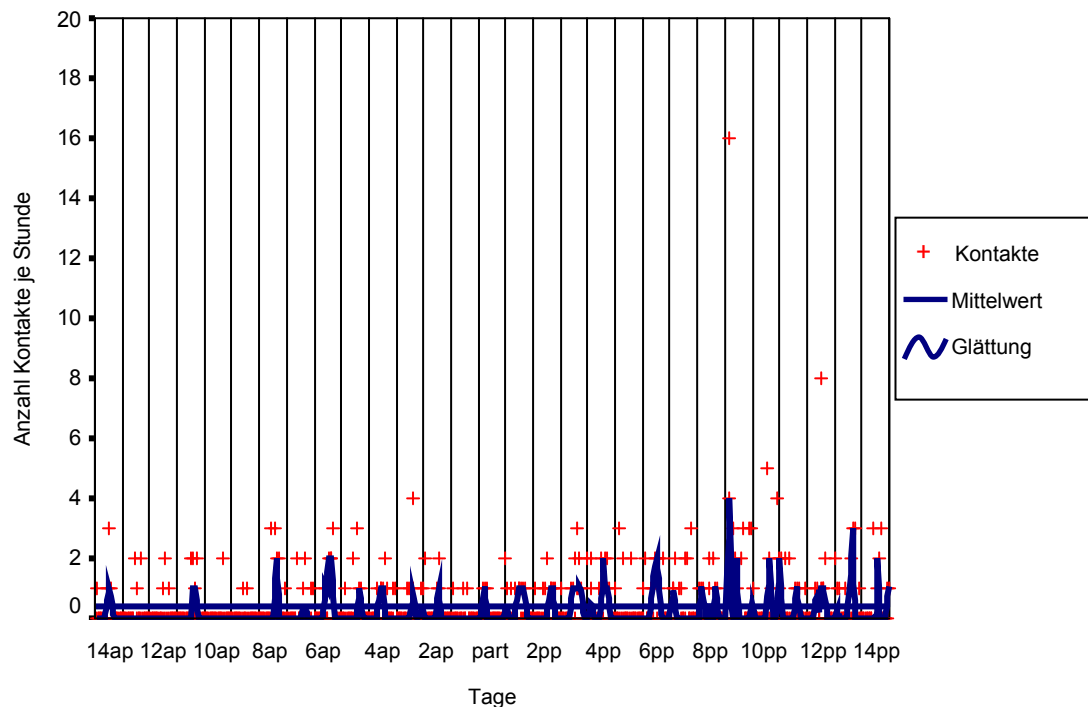


Abbildung 61: Tränkekontakte – Scatterplot der Kuh 7 081102 mit 1%iger Glättung

5.6.8 Aufgenommene Wassermenge im Gruppenmittel der 18 Abkalbungen in der Zeit 14ap-14pp

Die aufgenommene Wassermenge pro Tier und Tag liegt im Untersuchungszeitraum zwischen 13,5l und 28,9l (Abbildung 62). Bei Betrachtung der gering erscheinenden Wassermengen muss erwähnt werden, dass an 14 Tagen im gesamten Untersuchungszeitraum mindestens 1 Tier die Tränke nicht aufgesucht hat, was den Gruppenmittelwert dieser Tage nach unten verschiebt. Sehr deutlich ist der Einschnitt in der Wassermenge mit 13,5l am Abkalbungstag. Ebenfalls nachzuvollziehen, ist die leicht steigende Tendenz in der Wasseraufnahme nach der Abkalbung. Die Wassermenge im Zeitraum 14ap-2ap beträgt durchschnittlich 18,4-26,4l und im Zeitraum 1pp-14pp 18,2-28,9l.

Mit Standardabweichungen, die 41,0-98,4% erreichen, ist die Streuung, verglichen mit den Tränkebesuchen und Tränkekontakten, geringer. Die höchste Standardabweichung wurde für den Abkalbungstag ermittelt.

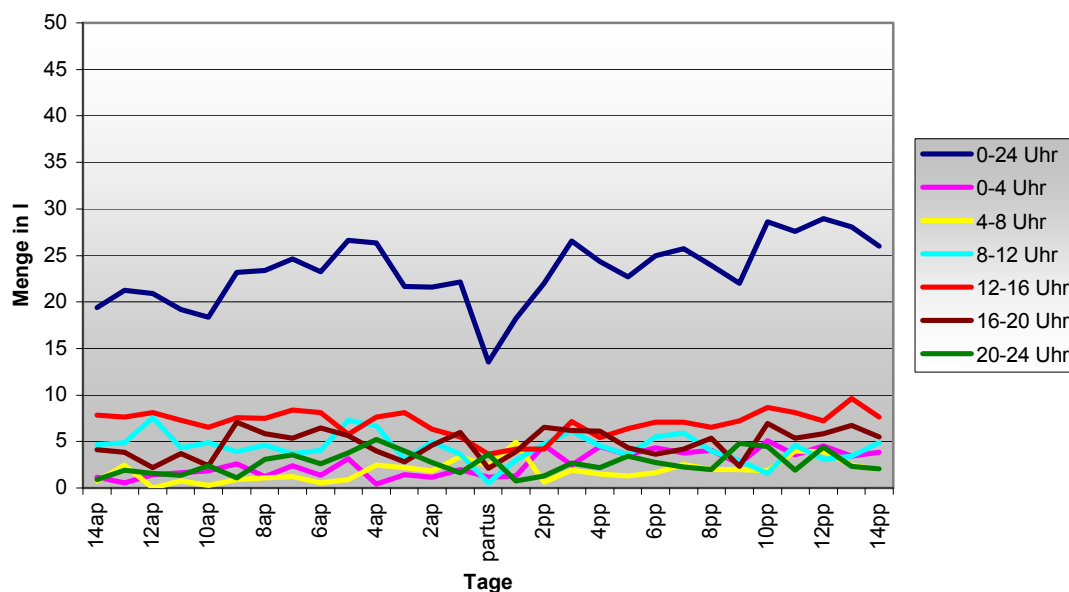


Abbildung 62: Gruppenmittel der aufgenommenen Wassermenge von 18 Abkalbungen – Anteile der 4-Stunden Tageszeitabschnitte

Bei der Aufteilung in 4-Stunden Tageszeitabschnitte wurde vor der Abkalbung die größte Wassermenge mit 5,8-8,4l im Tageszeitabschnitt 12-16 Uhr aufgenommen. Am Abkalbungstag ist die Wassermenge mit 3,7l, über den gesamten Untersuchungszeitraum, am geringsten. Ab dem 5. Tag p. p. wurde in der Zeit von 12-16 Uhr wieder die höchste Wasseraufnahme registriert. Die am Abkalbungstag mit Abstand geringste Wasseraufnahme war, mit durchschnittlich 0,6l, im Tageszeitabschnitt 8-12 Uhr zu verzeichnen. Zu einer allgemein geringen Wasseraufnahme kam es im Zeitraum 14ap-2ap in den Tageszeitabschnitten 0-4 Uhr und 4-8 Uhr.

Die Werte bewegen sich hier zwischen 0,0-2,6l. 0,0l bedeutet, dass am 12. Tag a. p. die Tränke von keinem Tier im Tageszeitabschnitt 4-8 Uhr aufgesucht wurde. Ein leicht ansteigender Verlauf ist besonders beim Tageszeitabschnitt 0-4 Uhr p. p. erkennbar. Hier steigen die Werte auf 1,2-3,0l an.

Die Streuung der aufgenommenen Wassermenge variiert bezogen auf alle 4-Stunden Zeitintervalle zwischen 71,3% und 424,3%.

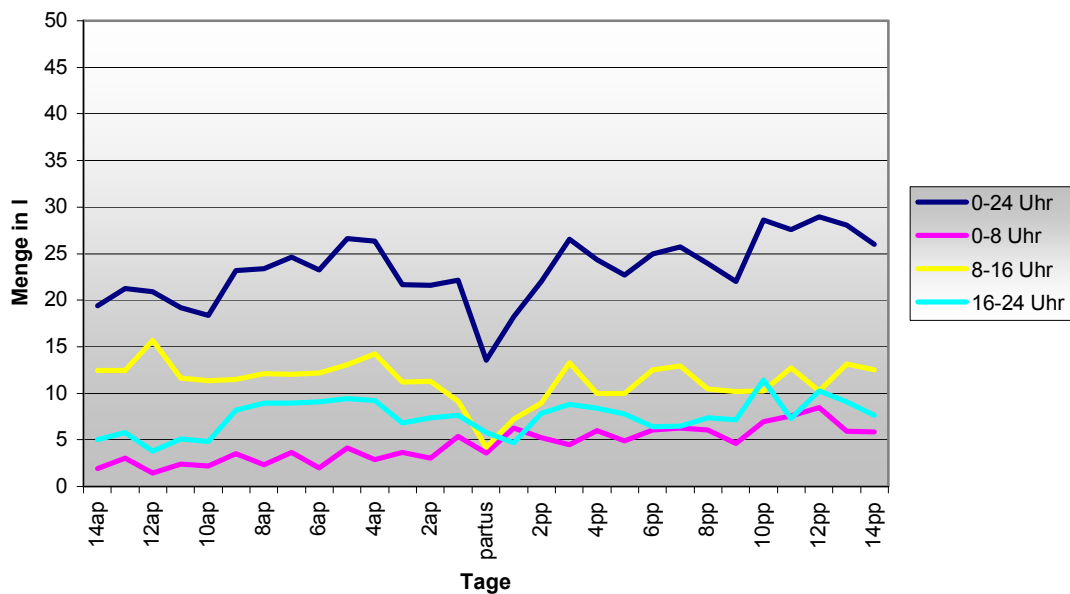


Abbildung 63: Gruppenmittel der aufgenommenen Wassermenge von 18 Abkalbungen – Anteile der 8-Stunden Tageszeitabschnitte

Wie in Abbildung 63 dargestellt, ist auch die aufgenommene Wassermenge bei Einteilung in 8-Stunden Tageszeitabschnitte von 8-16 Uhr, sowohl vor als auch nach der Abkalbung, am höchsten. Im Zeitraum 14ap-2ap nahmen die Mutterkühe im Durchschnitt 11,2-15,7l auf. Im Zeitraum 1pp-14pp liegt die Wasseraufnahme mit 7,2-13,2l tendenziell etwas niedriger. Für den Abkalbungstag wurde mit 4,2l die niedrigste Wasseraufnahme des Tageszeitabschnittes festgestellt. Die wiederum im gesamten Untersuchungszeitraum geringste Wasseraufnahme erfolgte im Tageszeitabschnitt 0-8 Uhr. Der Kurvenverlauf zeigt aber fast durchgängig eine ansteigende Tendenz. Die aufgenommene Wassermenge betrug im Zeitraum 14ap-2ap durchschnittlich 1,9-4,1l. P. p. wurden zwischen 4,4-8,4l aufgenommen. Die Werte der Tage 1ap und partus entsprechen mit 5,3l sowie 3,6l dem Kurvenverlauf ohne Auffälligkeit. Ähnlich wie bei den Tränkebesuchen und Tränkekontakten nähern sich die Kurvenverläufe nach der Abkalbung einander an. Dies wird insbesondere durch den Anstieg zwischen 0-8 Uhr hervorgerufen. In der Zeit von 16-24 Uhr verhält sich die Wasseraufnahme ohne besondere Auffälligkeiten. Die aufgenommene Wassermenge liegt fast ausschließlich zwischen den Werten der Tageszeitabschnitte 0-8 Uhr und 8-16 Uhr.

Die Standardabweichungen des Tageszeitabschnittes 0-8 Uhr betragen 77,0-225,7%. Der Tageszeitabschnitt 8-16 Uhr zeigt über den gesamten Untersuchungszeitraum eine Streuung von 57,1-173,9%, wobei die größte Streuungsbreite am Abkalbungstag auftritt. Zwischen 64,7% und 146,3% bewegt sich s^2 im Tageszeitabschnitt 16-24 Uhr.

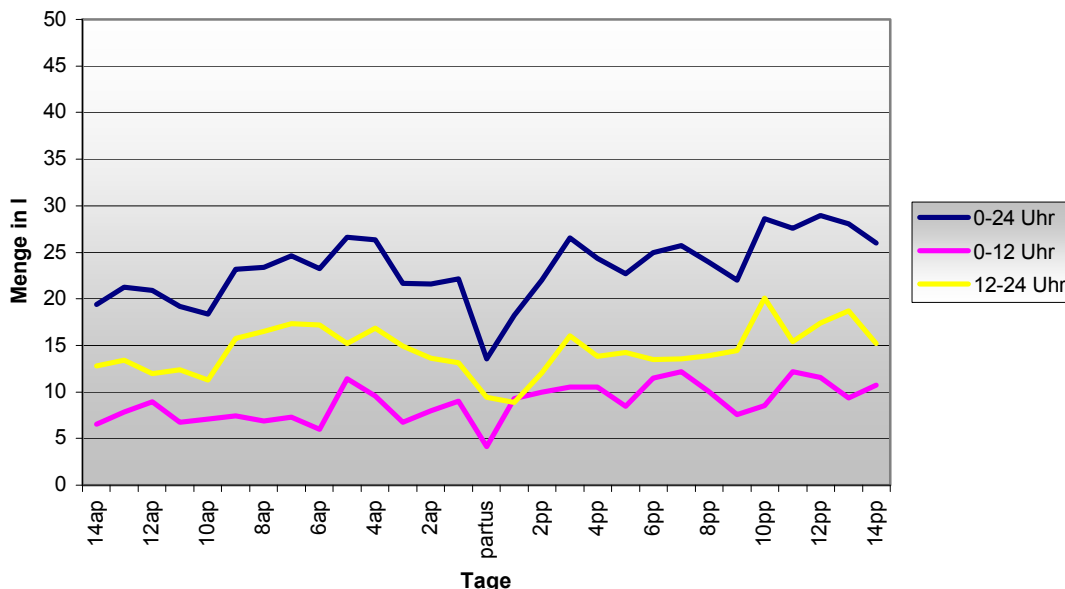


Abbildung 64: Gruppenmittel der aufgenommenen Wassermenge von 18 Abkalbungen – Anteile der 12-Stunden Tageszeitabschnitte

Die Unterteilung des Tages in 12-Stunden Tageszeitintervalle erbringt eine eindeutige Verteilung der aufgenommenen Wassermenge mit einem größeren Anteil in der zweiten Tageshälfte (Abbildung 64). Von 0-12 Uhr wurden von den Mutterkühen a. p. durchschnittlich 6,6-11,4l Wasser zur Bedarfsdeckung benötigt. Dabei kam es nur am Tag 5ap zur Überschreitung von 10l. Im Gegensatz dazu, nahmen die Tiere im gleichen Zeitraum in der zweiten Tageshälfte durchschnittlich 12,8-17,3l Wasser auf. Am Abkalbungstag kam es in beiden Tageszeitabschnitten zu einem Rückgang der Wasseraufnahme auf 4,1l (0-12 Uhr) und 9,4l (12-24 Uhr). Dass in der ersten Tageshälfte weniger Wasser aufgenommen wurde als in der zweiten, bleibt auch p. p. bestehen. Einen leichten Anstieg gibt es mit 7,6-12,2l von 0-12 Uhr, wobei an 8 Tagen die 10l überschritten werden. In der Zeit von 12-24 Uhr bewegt sich die Wasseraufnahme zwischen 8,9l und 20,1l, wobei die 8,9l auf den 1. Tag p. p. fielen.

Die Standardabweichungen im Tageszeitabschnitt 0-12 Uhr umfassen 61,8-139,3%. Die Streuung zwischen 12-24 Uhr ist mit 41,8-108,4% etwas geringer.

5.6.9 Mittelwertvergleich der aufgenommenen Wassermenge ante partum, partus und post partum

Die Analyse der aufgenommenen Wassermenge zwischen den Zeiträumen 14ap-2ap und 1pp-14pp zeigt, dass analog zu den Tränkebesuchen auch bei der Wassermenge signifikante Unterschiede in den gleichen Tageszeitabschnitten auftreten (Tabelle 48). Ebenfalls mit den Tränkebesuchen identisch sind die Ergebnisse der aufgenommenen Wassermenge in den Tageszeitabschnitten 8-16 Uhr und 8-12 Uhr. Denn im Gegensatz zu den anderen Tageszeitabschnitten ist die aufgenommene Wassermenge hier p. p. niedriger als a. p.. Der Unterschied ist aber nur gering statistisch zu sichern. In den übrigen Tageszeitabschnitten ist p. p. eine höhere Wasseraufnahme als a. p. zu verzeichnen, mit einer hoch signifikanten Differenz.

Tabelle 48: Vergleich der aufgenommenen Wassermenge a. p. und p. p.

TAGESZEIT	ZEITRAUM	n	MW	STABW	MIN	MAX	SIGNIFIKANZ
0 bis 12 Uhr	14ap-2ap	18	7,7	7,4	0,0	36,5	0,001***
	1pp-14pp	18	10,2	8,5	0,0	42,0	
0 bis 8 Uhr	14ap-2ap	18	2,8	4,8	0,0	25,5	0,000***
	1pp-14pp	18	6,0	6,5	0,0	28,5	
8 bis 16 Uhr	14ap-2ap	18	12,4	8,6	0,0	41,5	0,027*
	1pp-14pp	18	11,0	9,7	0,0	58,5	
0 bis 4 Uhr	14ap-2ap	18	1,6	3,4	0,0	23,5	0,000***
	1pp-14pp	18	3,7	5,2	0,0	26,0	
4 bis 8 Uhr	14ap-2ap	18	1,2	3,3	0,0	25,5	0,000***
	1pp-14pp	18	2,3	4,2	0,0	28,5	
8 bis 12 Uhr	14ap-2ap	18	5,0	5,5	0,0	27,0	0,022*
	1pp-14pp	18	4,1	5,7	0,0	26,5	

Der Vergleich der Zeiträume 14ap-2ap mit 1ap-partus erbrachte in 6 Tageszeitabschnitten signifikante Unterschiede (Tabelle 49). In 5 dieser 6 Zeitabschnitte lag die Wasseraufnahme im Zeitraum 1ap-partus unter den Werten des Zeitraumes 14ap-2ap. Lediglich zwischen 4-8 Uhr ist das Verhältnis umgekehrt. Zudem besteht für das Ergebnis nur eine geringe statistische Sicherheit. Eine hoch signifikant geringere Wasseraufnahme im Zeitraum 1ap-partus wurde im Zeitabschnitt 8-16 Uhr festgestellt.

Tabelle 49: Vergleich der aufgenommenen Wassermenge a. p. und partus

TAGESZEIT	ZEITRAUM	n	MW	STABW	MIN	MAX	SIGNIFIKANZ
0 bis 24 Uhr	14ap-2ap	18	22,3	12,0	0,0	59,0	0,032*
	1ap-partus	18	17,8	11,9	0,0	45,5	
12 bis 24 Uhr	14ap-2ap	18	14,6	8,6	0,0	38,5	0,016*
	1ap-partus	18	11,3	9,5	0,0	38,0	
8 bis 16 Uhr	14ap-2ap	18	12,4	8,6	0,0	41,5	0,000***
	1ap-partus	18	6,7	7,0	0,0	21,0	
4 bis 8 Uhr	14ap-2ap	18	1,2	3,3	0,0	25,5	0,042*
	1ap-partus	18	2,9	4,8	0,0	13,5	
8 bis 12 Uhr	14ap-2ap	18	5,0	5,5	0,0	27,0	0,002**
	1ap-partus	18	2,1	3,2	0,0	9,0	
12 bis 16 Uhr	14ap-2ap	18	7,4	6,2	0,0	27,5	0,005**
	1ap-partus	18	4,6	5,6	0,0	21,0	

Die Gegenüberstellung der Zeiträume 1ap-partus und 1pp-14pp ergibt für die Wasseraufnahme p. p. signifikant höhere Werte in den Tageszeitabschnitten 0-24 Uhr, 0-12 Uhr und 0-8 Uhr (Tabelle 50). Die Unterschiede sind auf einem geringen bis mittleren Niveau statistisch zu sichern.

Tabelle 50: Vergleich der aufgenommenen Wassermenge partus und p. p.

TAGESZEIT	ZEITRAUM	n	MW	STABW	MIN	MAX	SIGNIFIKANZ
0 bis 24 Uhr	1ap-partus	18	17,8	11,9	0,0	45,5	0,008**
	1pp-14pp	18	25,0	15,5	0,0	87,0	
0 bis 12 Uhr	1ap-partus	18	6,6	6,8	0,0	21,5	0,012*
	1pp-14pp	18	10,2	8,5	0,0	42,0	
8 bis 16 Uhr	1ap-partus	18	6,7	7,0	0,0	21,0	0,009**
	1pp-14pp	18	11,0	9,7	0,0	58,5	

5.6.10 Einzeltieranalyse der aufgenommenen Wassermenge mit der Lowessfunktion

Die Originaldaten der aufgenommenen Wassermenge zeigen im Scatterplot zunächst eine große Streubreite. Auch hier erwies sich die kleinstmögliche Prozentzahl zur Glättung als am besten geeignet. Die Kurvenverläufe der geglätteten Originalwerte ergeben ebenfalls kein einheitliches Bild und bestätigen die Ergebnisse zu den Tränkebesuchen und Tränkekontakten. Wie in Abbildung 65 erkennbar, gibt es eine steigende Tendenz in der aufgenommenen Wassermenge vom 1. Tag p. p. bis 6. Tag p. p.. Dieser Zustand ist nicht anhaltend, so dass anschließend kein Trend mehr zu verzeichnen ist. Der Scatterplot von Kuh 7 081102 spiegelt nicht die Wasseraufnahme der gesamten Herde wider. In der Betrachtung aller Einzeltiere ist ein Trend in der aufgenommenen Wassermenge nicht zu erkennen.

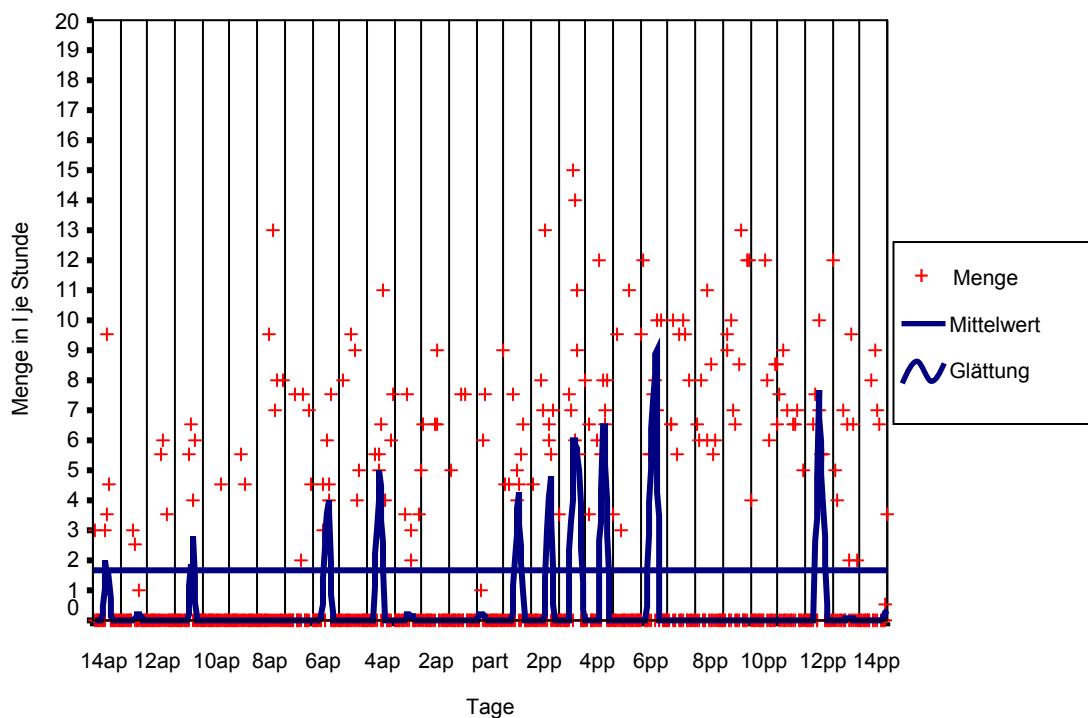


Abbildung 65: Aufgenommene Wassermenge – Scatterplot der Kuh 7 081102 mit 1,5%iger Glättung

5.6.11 Beziehungen zwischen den Variablen des Parameters Wasseraufnahme im geburtsnahen Zeitraum

In den bisher dargestellten Ergebnissen zur Wasseraufnahme ist schon mehrfach ein Zusammenhang zwischen den Variablen angedeutet worden. Wie eng sich diese Beziehungen gestalten soll im Folgenden erläutert werden.

Tabelle 51 ist zu entnehmen, dass zwischen den Variablen Tränkebesuche und Tränkekontakte in jedem Zeitraum und Tageszeitabschnitt ein enger positiver Zusammenhang besteht. Im Zeitraum 5ap-2ap, liegen die Korrelationskoeffizienten zwischen 0,69 und 0,99, im Zeitraum 1ap-partus zwischen 0,82 und 0,98 und im Zeitraum 1pp-3pp zwischen 0,76 und 0,98. Für jeden Korrelationskoeffizienten gibt es eine hohe statistische Sicherheit.

Tabelle 51: Korrelationskoeffizienten zwischen Tränkebesuchen und Tränkekontakten im geburtsnahen Zeitraum

Tageszeit	5ap-2ap	1ap-partus	1pp-3pp
0-24h	0,69***	0,85***	0,77***
0-12h	0,84***	0,93***	0,84***
12-24h	0,72***	0,82***	0,76***
0-8h	0,97***	0,97***	0,89***
8-16h	0,76***	0,96***	0,86***
16-24h	0,80***	0,91***	0,83***
0-4h	0,99***	0,98***	0,96***
4-8h	0,99***	0,98***	0,98***
8-12h	0,89***	0,98***	0,95***
12-16h	0,80***	0,92***	0,87***
16-20h	0,92***	0,94***	0,89***
20-24h	0,96***	0,98***	0,97***

Dass mit der Anzahl der Besuche auch die aufgenommene Wassermenge steigt bzw. sinkt, bestätigen die errechneten Korrelationskoeffizienten der Tabelle 52. Die Werte bewegen sich in der Zeit 5ap-2ap von 0,60-0,99, in der Zeit 1ap-partus von 0,73-0,99 und in der Zeit 1pp-3pp von 0,70-0,97. Dieser ebenfalls enge positive Zusammenhang weist eine hohe statistische Signifikanz in allen Tageszeitabschnitten auf.

Tabelle 52: Korrelationskoeffizienten zwischen Wassermenge und Tränkebesuchen im geburtsnahen Zeitraum

Tageszeit	5ap-2ap	1ap-partus	1pp-3pp
0-24h	0,60***	0,81***	0,70***
0-12h	0,82***	0,93***	0,81***
12-24h	0,63***	0,73***	0,73***
0-8h	0,97***	0,95***	0,88***
8-16h	0,71***	0,93***	0,79***
16-24h	0,79***	0,81***	0,81***
0-4h	0,99***	0,98***	0,95***
4-8h	0,99***	0,99***	0,97***
8-12h	0,89***	0,96***	0,95***
12-16h	0,77***	0,91***	0,84***
16-20h	0,90***	0,86***	0,90***
20-24h	0,96***	0,97***	0,96***

Eine etwas größere Spannweite zeigt sich zwischen den Korrelationskoeffizienten zwischen aufgenommener Wassermenge und Anzahl der Tränkekontakte (Tabelle 53). Dass ein positiver Zusammenhang besteht, ist in allen Tageszeitabschnitten nachvollziehbar, dennoch liegen die Werte der großen Tageszeitabschnitte 0-24 Uhr, 0-12 Uhr und 12-24 Uhr im Vergleich zu den 8-Stunden und 4-Stunden Zeitabschnitten tendenziell etwas niedriger. Im Überblick reichen die Koeffizienten im Zeitraum 5ap-2ap von 0,52-0,99, im Zeitraum 1ap-partus von 0,70-0,99 und im Zeitraum 1pp-3pp von 0,57-0,96. Wiederum waren alle Korrelationskoeffizienten statistisch signifikant.

Tabelle 53: Korrelationskoeffizienten zwischen Wassermenge und Tränkekontakten im geburtsnahen Zeitraum

Tageszeit	5ap-2ap	1ap-partus	1pp-3pp
0-24h	0,52***	0,73***	0,57***
0-12h	0,80***	0,88***	0,77***
12-24h	0,57***	0,70***	0,57***
0-8h	0,96***	0,94***	0,85***
8-16h	0,67***	0,94***	0,74***
16-24h	0,76***	0,81***	0,74***
0-4h	0,98***	0,99***	0,94***
4-8h	0,99***	0,96***	0,96***
8-12h	0,87***	0,96***	0,94***
12-16h	0,74***	0,91***	0,79***
16-20h	0,87***	0,89***	0,85***
20-24h	0,96***	0,97***	0,96***

Differenzen in den Korrelationskoeffizienten zwischen den Zeiträumen 14ap-2ap, 1ap-partus und 1pp-14pp, die ihre Ursache in der Abkalbung haben, konnten in keinem Fall herausgestellt werden.

5.6.11.1 Kontakte je Besuch, Menge je Besuch und Menge je Kontakt im Gruppenmittel der 18 Abkalbungen in der Zeit 14ap-14p

Da die Zusammenhänge zwischen den Variablen des Parameters sehr eng sind, besteht durchaus die Möglichkeit einen Einfluss der Abkalbung auf das Wasseraufnahmeverhalten aufzuzeigen, indem die einzelnen Variablen miteinander verknüpft werden. Zu Beginn ist in Abbildung 66 die durchschnittliche Anzahl der Tränkekontakte je Besuch in 24 Stunden aufgeführt. Daraus ist erkennbar, dass pro Tag und Tränkebesuch zwischen 2,2 und 3,4 Tränkekontakte registriert wurden. Ausnahmen stellen der Abkalbungstag und der 1. Tag p. p. dar. An beiden Tagen wurden mit 1,9 die wenigsten Kontakte je Besuch ermittelt.

Die Standardabweichungen im Untersuchungszeitraum liegen zwischen 44,1-154,9%.

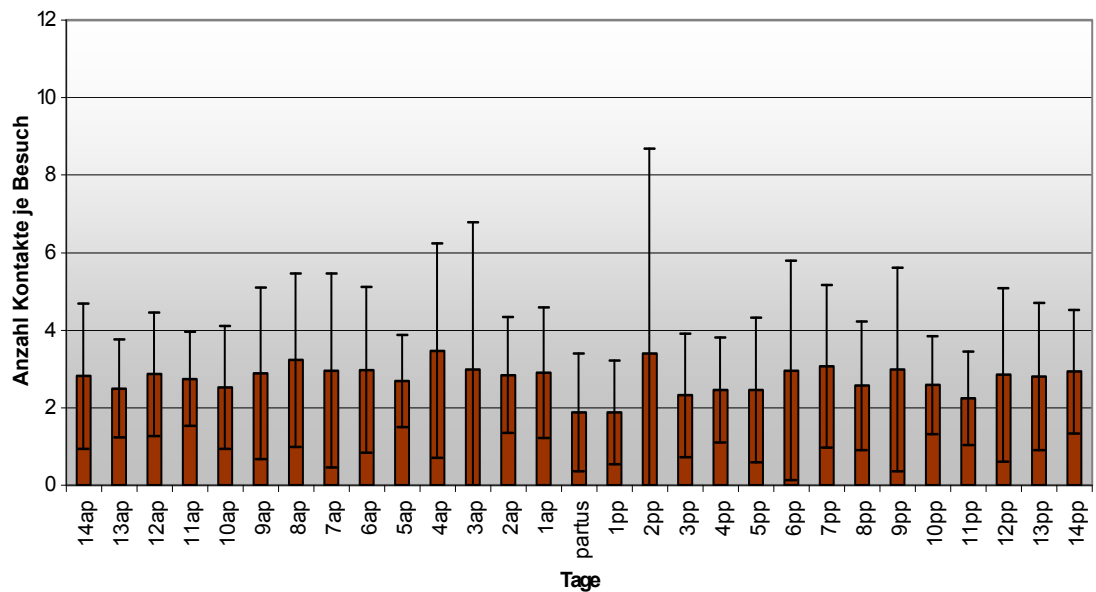


Abbildung 66: Gruppenmittel der Kontakte je Besuch in 24 Stunden bei 18 Abkalbungen

Im Zeitraum 14ap-2ap wurde je Besuch eine aufgenommene Wassermenge von 5,4-7,3l festgestellt (Abbildung 67). Ein deutlicher Einschnitt ist mit durchschnittlich 4,5l am Abkalbungstag erkennbar. P. p ist die Wasseraufnahme mit 6,1-7,5l leicht höher. Den Abkalbungstag ausgenommen wurden an jedem anderen Tag durchschnittlich mehr als 6l je Besuch aufgenommen.

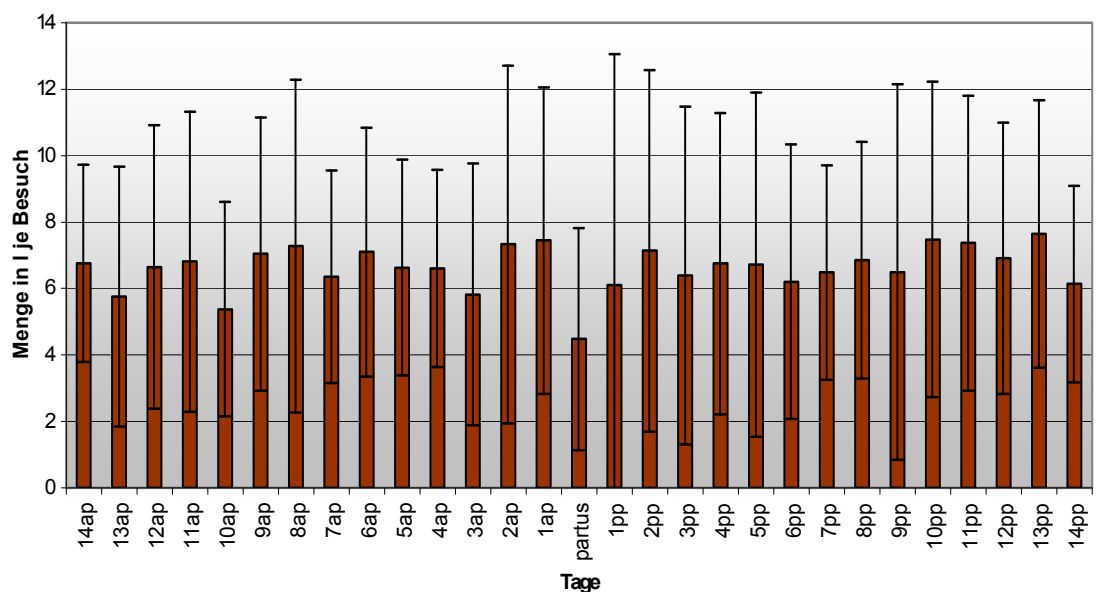


Abbildung 67: Gruppenmittel der aufgenommenen Wassermenge je Besuch in 24 Stunden bei 18 Abkalbungen

Am Tag 14ap wurde mit 43,8% die kleinste Standardabweichung ermittelt. Die größte Streuung trat mit 114,0% am Tag nach der Abkalbung auf.

Die aufgenommene Wassermenge je Tränkekontakt (Abbildung 68) ergibt eine leicht ansteigende Tendenz nach der Abkalbung, ohne dass am Abkalbungstag oder am Tag 1ap selbst Auffälligkeiten zu sehen sind. Im Zeitraum 14ap-2ap wurden je Kontakt zwischen 2,4-3,5l aufgenommen. Nach der Abkalbung nahmen die Tiere zwischen 2,4-4,5l auf, wobei an 6 Tagen mehr als 4l je Kontakt registriert wurden.

Die ermittelten Standardabweichungen bewegen sich zwischen 56,2-158,2%.

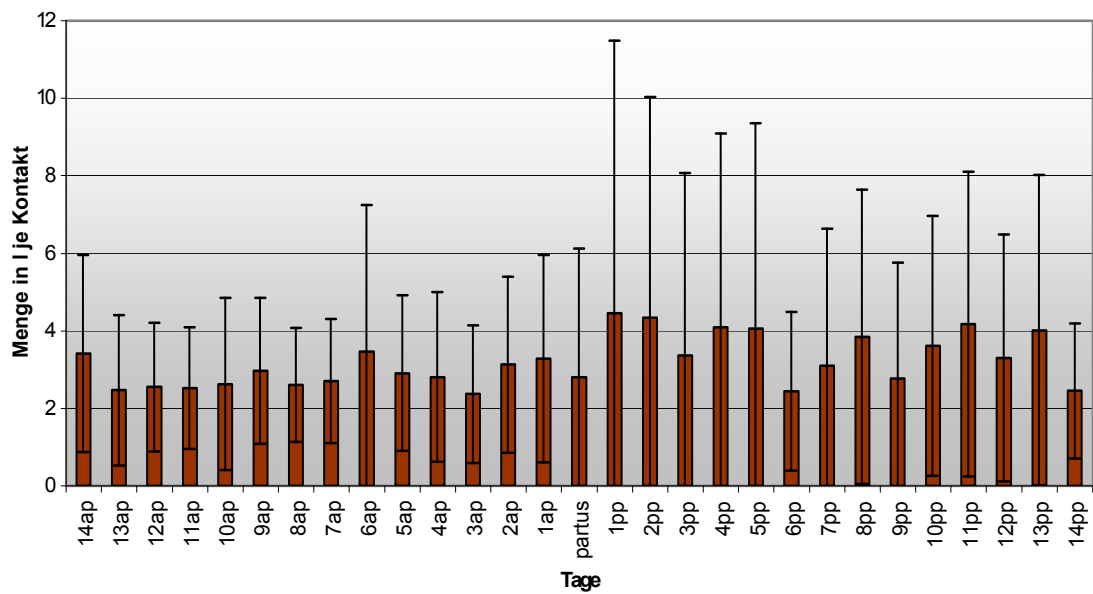


Abbildung 68: Gruppenmittel der aufgenommenen Wassermenge je Kontakt in 24 Stunden bei 18 Abkalbungen

5.7 Diskussion zum Parameter Wasseraufnahme im geburtsnahen Zeitraum

Der Parameter Wasseraufnahme beinhaltet neben der aufgenommenen Wassermenge, als messbare Variablen, sowohl Tränkebesuche als auch Tränkekontakte.. Wasser ist eine physiologische Notwendigkeit, weshalb der Wasseraufnahme auch bei Rindern eine gewisse Regelmäßigkeit zu Grunde liegen muss. Die Reihe an beeinflussenden Faktoren ist lang, wobei zu den wichtigsten die Art der Fütterung, das Klima und der physiologische Zustand des Tieres gehören. Dass die Abkalbung einen Einfluss auf die Wasseraufnahme hat, ist nachvollziehbar. Bisher sind jedoch kaum Informationen darüber vorhanden. Zur Wasseraufnahme von Mutterkühen ist insgesamt wenig bekannt, da in extensiven Weidesystemen die Voraussetzungen einer technischen Datenerfassung nicht automatisch gegeben sind und einen hohen Aufwand erfordern.

5.7.1 Tränkebesuche

Rinder als tagaktive Individuen besuchen auch die Tränke in der Regel tagsüber, zumeist nach der Nahrungsaufnahme (Süss, ANDREAE 1984). Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit offenbaren als Hauptzeiten der Tränkebesuche 12-16 Uhr, gefolgt von 8-12 Uhr und 16-20 Uhr. PHILLIPS (2002) gibt ebenfalls die frühen Nachmittagstunden als Hauptzeit der Wasseraufnahme an. Analysen von MAHLKOW-NERGE (2004) in einer Milchviehhaltung ergaben einen Besuchszeitraum von 6-22 Uhr, mit Spitzen der Tränkebesuche kurz nach dem Melken. Eine generell hohe Frequenz wurde zwischen 7-12 Uhr und 17-22 erreicht. In den Nachtstunden war die Besuchshäufigkeit dagegen sehr gering. Im täglichen Durchschnitt suchten die Mutterkühe 3-5 Mal die Tränke auf. Diese Resultate decken sich ebenfalls mit Angaben von Süss, ANDREAE (1984) sowie PHILLIPS (2002), deren Werte von 1-4-mal bzw. 2-5-mal täglich reichen. Messungen in der Milchviehhaltung ergaben bei mehrfach gekalbten Kühe einen Durchschnitt von 14 Tränkebesuchen (DADO, ALLEN 1994). Durchschnittlich 9 Tränkebesuche errechnete MAHLKOW-NERGE (2004) ebenfalls bei Milchkühen. Die Betrachtung der Minima und Maxima der Tränkebesuche a. p. zeigt, dass die Besuche zwischen 0 und 11 in 24 Stunden schwanken. Das bedeutet, nicht alle Tiere suchen die Tränke täglich auf, während andere dies sehr häufig tun. Die geringe Besuchsfrequenz am Abkalbungstag geht maßgeblich auf den Rückgang der Besuche zwischen 8-16 Uhr zurück, die eigentliche Hauptzeit der Wasseraufnahme. 12 von 18 Mutterkühen verzichteten am Abkalbungstag in der Zeit von 8-16 Uhr vollständig auf einen Tränkebesuch, aber nur 3 Tiere frequentierten die Tränke am Abkalbungstag gar nicht. Die durchschnittliche Besuchshäufigkeit in der Zeit von 16-24 Uhr änderte sich, im Vergleich zu den Vortagen, unwesentlich, während in der Zeit von 0-8 Uhr bereits vor dem Abkalbungstag ein leichter Anstieg zu verzeichnen war.

Einen Tag p. p. vermieden zur Hauptzeit immer noch 6 Tiere die Tränke. 4 dieser Mutterkühe wichen auf die Nebenzeiten aus und 2 Tiere gingen nicht zur Tränke. Tendenziell steigt die Anzahl der Besuche nach der Abkalbung an. Entscheidend dafür ist die Frequentierung in der eigentlichen Nebenzeit von 0-8 Uhr. Dieses Verhalten gilt auch für den kleineren Tageszeitabschnitt 0-4 Uhr. Die Mutterkühe unterbrechen zur Wasseraufnahme demnach eine ausgeprägte Ruheperiode p. p. häufiger als a. p.. Betrachtet man die 12-Stunden Tageszeitabschnitte erscheint der Anstieg der Besuchsfrequenz in der ersten Tageshälfte p. p. gegenüber a. p. fast sprunghaft. Im Mittelwertvergleich der Zeiträume 14ap-2ap und 1pp-14pp ist der Anstieg in den Tageszeitabschnitten der ersten Tageshälfte mittel bis hoch signifikant. Innerhalb von 24 Stunden ist die Besuchsanzahl p. p. ebenfalls höher als a. p. aber statistisch nicht zu sichern. Die steigende Tendenz in der Besuchsfrequenz kann trotzdem ein erster Hinweis auf den erhöhten Wasserbedarf nach der Abkalbung gewertet werden. Die Einzeltiertränke ist vermutlich der Hauptgrund dafür, dass die Besuchsfrequenz besonders in den ersten Tagen p. p. (bis 6pp) fast gleichmäßig auf beide Tageshälften verteilt wird. Die Herde frequentiert die Tränke hauptsächlich in der zweiten Tageshälfte, was eine hohe Belegungszeit zur Folge hat, da nur eine Tränke zur Verfügung steht. Wann welches Herdenmitglied an die Tränke kann, entscheidet zum großen Teil die Rangordnung. Untersuchungen im Stall ergaben, dass rangniedere Kühe unter Umständen auf die Wasseraufnahme verzichten, wenn ranghöhere Kühe die Tränke blockieren (MAHLKOW-NERGE 2004). Die vorliegenden Ergebnisse legen die Vermutung nahe, dass Mutterkühe, mit einem erhöhten Bedarf aufgrund der Abkalbung und der einsetzenden Milchleistung, vermehrt auf die erste Tageshälfte ausweichen, um ungestört und mit weniger Rangauseinandersetzungen Wasser aufzunehmen. Beobachtet wurde beispielsweise, dass Kuh 222 150404 regelmäßig die grasende Herde verließ und allein die Tränke im Stall aufsuchte. Da sie in der Rangordnung weit unten angesiedelt war, folgte ihr zumeist kein Herdenmitglied. Das wurde gezielt für eine unbedrängte Wasseraufnahme genutzt.

Die Kurvenverläufe der einzelnen Tageszeitintervalle zeigen insgesamt hohe Schwankungen zwischen den Tagen. Das ist zum einen ein Anzeichen für eine täglich stark variierende Wasseraufnahme und zum anderen, bei Berücksichtigung der sehr hohen Standardabweichungen, ein Anzeichen für große Differenzen zwischen den einzelnen Mutterkühen. Dafür sprechen auch die täglich individuellen Unterschiede von 5-26 Tränkebesuchen in der Studie von MAHLKOW-NERGE (2004), die als sehr groß gewertet wurden.

Die Einzeltieranalyse mit Hilfe der Lowessfunktion ist zwar möglich, führte aber zu keinen aussagefähigen Ergebnissen. Allgemein wurde der beste Trendverlauf mit der kleinstmöglichen Glättung erreicht. Aber nicht immer lag der kleinstmögliche Prozentsatz bei 1,0. Über die Akzeptanz der gewählten Prozente entschied die Software. Nach mehrmaliger Überprüfung konnte ein Fehler in der Datenbasis ausgeschlossen werden. Es wird angenommen, dass die Datendichte (Werte über 0) und die Datenverteilung einen Einfluss auf die mathematische Berechnung der Schätzwerte hat. Das Ergebnis aus dem Glättungsverfahren ist ein für jedes Tier anderer Trendverlauf bezüglich der Besuchsfrequenz.

Eine Trendänderung, die mit einer Abkalbung in Verbindung gebracht werden kann, ist nur bei 2 Tieren im Ansatz erkennbar. Das Hauptproblem für die statistische Auswertung liegt bei vielen Tieren in der geringen Datendichte pro Tag mit durchschnittlich 3-5 Besuchen und im Tagesverlauf zu unregelmäßig verteilten Werten. Hinzu kommen tägliche Unterschiede in der Besuchszahl. Insgesamt unterliegen die Tränkebesuche keiner Regelmäßigkeit mit einer bestimmten Anzahl pro Tag, die sich auf feste Uhrzeiten verteilen. Außerdem ist es nicht selten, dass die Tränke 1-2 Tage hintereinander gar nicht aufgesucht wird. 8 von 18 Mutterkühen blieben im Untersuchungszeitraum mindestens 1 Tag der Tränke fern. 6 der 8 Mutterkühe hatten ihre Abkalbung im Frühjahr/ Sommer. Auf die Begründung wird später noch genauer eingegangen. Ähnliche Angaben machen BRUNSCH und SCHOLZ (2003) mit Untersuchungen zum Wasseraufnahmeverhalten in einer Mutterkuhherde. Das Besuchsverhalten einer ausgewählten Mutterkuh schwankte zwischen keinem Besuch in 2 und 2-14 Registrierungen an weiteren Tagen in einem ausgewählten Zeitraum von 16 Tagen.

Die beschriebenen Schwankungen innerhalb und zwischen den Tagen spiegeln sich auch in den Ergebnissen der Fourieranalyse wider. So konnte für 13 von 28 Zeitabschnitten kein durchschnittlicher LKG der Herde ermittelt werden, da in diesen Berechnungszeiträumen kein Tier einen LKG aufwies. Entsprechend verhält es sich bei den Harmonischen Anteilen. Von 499 Zeitabschnitten (Summe aller Tiere) war nur in 15 Fällen ein LKG nachzuweisen. Dass die Werte 14-mal bei 100% lagen, ist damit zu erklären, dass die Tiere an 2 aufeinander folgenden Tagen (ein Zeitabschnitt) zur selben Stunde die Tränke aufsuchten. Das seltene Auftreten von LKG und Harmonischen Anteilen ist der Beweis für eine fehlende Tagesperiodik bzw. Tagesrhythmus in den Tränkebesuchen. Der Einfluss einer Abkalbung auf das Wasseraufnahmeverhalten ist deshalb mit der Fourieranalyse nicht nachzuweisen.

5.7.2 Tränkekontakte

Beobachtungen vor und während der Untersuchungen zu dieser Arbeit haben dazu geführt, nicht jeden Anmeldungskontakt als Tränkebesuch zu werten. Es fiel auf, dass es innerhalb eines eigentlichen Tränkevorganges zu mehrmaligen Anmeldungskontakten kam, weil die Kuh aus verschiedenen Gründen den Empfangsbereich des Sensors an der Tränke verließ und sich Sekunden später wieder im Empfangsbereich des Sensors befand, wodurch eine erneute Anmeldung auslöst wurde. Ein Tränkebesuch setzt sich deshalb aus den Anmeldungskontakten innerhalb von 15 Minuten zusammen. Aus diesem Grund liegt die Zahl der Tränkekontakte je Tag auch deutlich über den Werten der Tränkebesuche. Im Gruppenmittel wurden a. p. zwischen 8,4 und 14,2 Tränkekontakte registriert. Die Spannweite reicht dabei von 0-54 Tränkekontakten je Tag. Ebenso wie bei den Tränkebesuchen ist damit die Information verbunden, dass nicht alle Tiere die Tränke vor der Abkalbung jeden Tag aufsuchten. Eine weitere zu erwartende Übereinstimmung ergibt sich aus den Analysen der Kontaktzeiten.

Die Mehrzahl der Anmeldungskontakte wurde im Zeitraum 14ap-2ap in den Tageszeitabschnitten 8-12 Uhr, 12-16 Uhr und 16-20 Uhr registriert. Innerhalb der 8-Stunden Zeitintervalle, stellt sich auch hier der Tageszeitabschnitt von 8-16 Uhr als derjenige mit den meisten Tränkekontakten heraus, gefolgt von dem Tageszeitabschnitt 16-24 Uhr. Im Gruppenmittel gleichmäßig wenig Tränkekontakte gab es zwischen 0-8 Uhr. Ebenso wenig überraschend, wie der Anstieg p. p., ist der Rückgang der Tränkekontakte am Abkalbungstag im Tageszeitabschnitt 8-16 Uhr. Im Vergleich zu den Tränkebesuchen liegen die Kurvenverläufe p. p. noch enger zusammen. Der Blick auf die 12-Stunden Zeitintervalle zeigt, dass es in der Anzahl der Tränkekontakte keinen Unterschied zwischen der ersten und der zweiten Tageshälfte gibt. Argumentativ ist das ähnlich zu begründen, wie bei der Diskussion der Tränkebesuche bereits geschehen. Die Neigung zu mehr Tränkekontakten p. p., ist neben den ansteigenden Tränkebesuchen eventuell auch auf die Anwesenheit des neugeborenen Kalbes zurückzuführen. Es wurde beispielsweise öfter beobachtet, dass Mutterkühe die Tränke aufsuchten und während des Besuches mehrmals aus dem Empfangsbereich des Sensors heraustraten, das typische Lockbrummen äußerten und nach ihrem Kalb schauten, um sich dann wieder anzumelden. Das Verhalten trat besonders dann auf, wenn sich viele Kühe im Stall aufhielten und wurde durch die Funktionsweise der Tränke gefördert. Da die Tränkevorrichtung das Wasser nur 0,5l-weise in das Tränkebecken entließ, mussten die Kühe warten, während das Wasser nachlief. Das z. B. wurde als Anlass genommen, Kontakt zum Kalb aufzunehmen und dabei den Sensorbereich der Tränke zu verlassen.

Insgesamt gingen mit der Mittelwertbildung auch sehr hohe Standardabweichungen einher. Das spricht, ähnlich wie bei den Tränkebesuchen, für hohe tierindividuelle Unterschiede. Die Betrachtung der Einzeltierwerte erscheint deshalb sinnvoll. Die Anwendung der Lowessfunktion zeigte aber keine verwertbaren Ergebnisse. Das war nach Analyse der Tränkebesuche auch nicht zu erwarten. Die besten Trendverläufe wurden mit dem kleinsten Prozentsatz der Glättung erreicht. Dennoch sind die Ergebnisse kaum aussagekräftig. Die Begründung hierfür ist der Kapitel 5.7.1 zu entnehmen.

Aufgrund der Ergebnisse aus der Fourieranalyse der Tränkebesuche, ist auf die Durchführung dieser Methode bei den Tränkekontakten von vornherein verzichtet worden. Da bei den Tränkebesuchen keine Periodik vorlag ist davon auszugehen, dass auch bei den Tränkekontakten keinerlei Rhythmus im Tagesverlauf nachweisbar ist.

5.7.3 Aufgenommene Wassermenge

Wie bereits angesprochen, ist das Bedürfnis an täglichen Tränkebesuchen unterschiedlich ausgeprägt. Mit den Tränkebesuchen variieren nicht nur die Tränkekontakte sondern auch die aufgenommene Wassermenge. Die Angaben zum Wasserbedarf und zur aufgenommenen Wassermenge orientieren sich in den meisten vorangegangenen Studien an Milchkühen.

Grundsätzlich ist deren Wasserbedarf mit dem einer Mutterkuh wenig vergleichbar, weil die weitaus höhere Milchleistung und die hohe Stoffwechselbelastung von Milchkühen einen hohen Wasserbedarf zur Folge hat. HOLTER und URBAN (1992) ermittelten beispielsweise zwischen Milchleistung und Wasseraufnahme mit 0,72 eine hohe positive Korrelation. Zu gleichen Ergebnissen gelangen MEYER ET AL. (2004). Ihre Regressionsanalyse zeigte, dass jedes kg produzierte Milch einen zusätzlichen Wasserbedarf von 1,3 kg erfordert. Die Angaben zur Wasseraufnahme bei Mutterkühen belaufen sich auf 34-40l bei graviden Mutterkühen und bis zu 102l bei Tieren mit einer Milchleistung von 10l täglich (TERÖRDE 1997). Diese Werte konnten innerhalb dieser Arbeit nicht bestätigt werden. Im Zeitraum 14ap-2ap erreichten die Mutterkühe im Gruppenmittel zwischen 18,4-26,4l und im Zeitraum 1pp-14pp 18,2-28,9l täglich. Die Werte erscheinen für die Bedarfsdeckung zu niedrig, aber keine der Mutterkühe zeigte Anzeichen von Wassermangel und die Kälberentwicklung ließ nicht auf eine niedrige Milchleistung aufgrund zu geringer Wasseraufnahme schließen. Ein großer Einflussfaktor ist die Futtergrundlage, was im Rahmen dieser Arbeit nicht vordergründig behandelt werden kann, aber dennoch nicht unerwähnt bleiben soll. Die Abkalbungen fanden, sowohl im Winter als auch im Sommer/ Fröhjahr, statt und die Jahreszeit hat Einfluss auf das zur Verfügung stehende Futter sowie seine Beschaffenheit. Der Wassergehalt im Winterfutter (Heu, Silage) ist deutlich niedriger als der des Weidefutters im Sommer. Ein Großteil des Wasserbedarfs lässt sich in der Vegetationsperiode über das Weidefutter decken, so dass z. B. ein Tag ohne Wasseraufnahme überbrückbar ist. Eigene zusätzliche Berechnungen der Wasseraufnahme zwischen 0-24 Uhr, bewiesen eine signifikant höhere Wasseraufnahme der Tiere mit Winterabkalbungen im Vergleich zu den Tieren mit einer Abkalbung im Fröhjahr/ Sommer. Signifikante Unterschiede wurden für den Zeitraum 14ap-2ap und 1pp-14pp ermittelt. In der abkalbungsrelevanten Zeit von 1ap-partus konnte kein Unterschied statistisch gesichert werden. Den saisonalen Effekt auf die Wasseraufnahme erkannten auch HOLTER und URBAN (1992). Aber umgekehrt zu den Ergebnissen aus der Mutterkuhhaltung stieg die Wasseraufnahme im Juni auf den höchsten Punkt und erreichte das Minimum im Dezember. Diese Analysen stammen aus der Milchviehhaltung mit einer ganzjährig gleichen Futtergrundlage. Dadurch wirken sich hier insbesondere die klimatischen Bedingungen mit hohen Temperaturen im Sommer und niedrigen Temperaturen im Winter aus. MEYER ET AL. (2004) wiesen für jedes Grad steigender Umgebungstemperatur eine steigende Wasseraufnahme von 1,52 kg nach. Vergleicht man diese Ergebnisse mit denen der vorliegenden Arbeit, liegt nahe, dass der Wassergehalt des Futters mehr über das Ausmaß der Wasseraufnahme entscheidet, als die äußeren klimatischen Bedingungen. Die geringen Werte im Gruppenmittel resultieren unter anderem aus großen Schwankungen zwischen den Untersuchungstagen und den einzelnen Tieren. Die Minima und Maxima in 24-Stunden offenbaren eine Spannweite von 0-59l im Zeitraum 14ap-2ap und 0-87l im Zeitraum 1pp-14pp. Auch wenn die Standardabweichung hoch ist, kann die Differenz zwischen den Zeiträumen a. p. und p. p besonders in den Tageszeitschnitten der ersten Tageshälfte statistisch gesichert werden. Ebenfalls signifikant ist die geringere Wasseraufnahme im Zeitraum 1ap-partus verglichen mit 14ap-2ap.

Die Verteilung der aufgenommenen Wassermenge auf die unterschiedlichen Tageszeitabschnitte ist dieselbe wie bei Tränkebesuchen und Tränkekontakten über alle Messtage hinweg. Die Wasseraufnahme erreicht am Abkalbungstag den mit Abstand niedrigsten Wert des gesamten Untersuchungszeitraumes. Da die Hauptzeit für die Wasseraufnahme zwischen 8-16 Uhr liegt, ist hier auch der Rückgang am Abkalbungstag besonders deutlich. Im Durchschnitt der Gruppe geht die Wasseraufnahme bedingt durch eine Abkalbung zurück. Der Versuch diese Erkenntnis auf die Einzeltiere zu übertragen, bringt aber nicht den gewünschten Erfolg.

Die Lowessfunktion und Fourieranalyse der einzeltierbezogenen Wasseraufnahme bestätigt die Erfahrungen aus Tränkebesuchen und Tränkekontakten. Die Trendverläufe der Wasseraufnahme sind ebenfalls am deutlichsten bei Einbeziehung der kleinstmöglichen Prozentzahl von Werten in der Nachbarschaftsgewichtung. Darüber hinaus sind die Trendverläufe der einzelnen Mutterkühe so verschieden und bezüglich des Einflusses der Abkalbung auf die Wasseraufnahme fast ohne Aussage. Die Fourieranalyse wurde aus bereits bekannten Gründen nicht durchgeführt.

5.7.4 Beziehung zwischen den Variablen des Parameters Wasseraufnahme

In den Kapiteln 5.6.10 und 5.6.11 bestätigte sich bereits, dass zwischen den Variablen des Parameters Wasseraufnahme enge Zusammenhänge bestehen müssen. Die Berechnung der Korrelationskoeffizienten ergab enge Beziehungen zwischen der Anzahl von Tränkebesuchen und Tränkekontakten, zwischen aufgenommener Wassermenge und Anzahl der Tränkebesuche sowie zwischen aufgenommener Wassermenge und Anzahl der Tränkekontakte. Jeder Zusammenhang wies hohe positive Korrelationskoeffizienten auf, die statistisch mittel bis hoch zu sichern waren. Die kleinsten Werte wurden mit 0,52 und 0,57 zwischen Wassermenge und Tränkekontakten ermittelt, allerdings nur in den Tageszeitabschnitten 0-24 Uhr und 12-24 Uhr. Tendenziell erhöhen sich die Korrelationskoeffizienten, wenn die Tageszeitabschnitte kleiner werden. Die Korrelationen zwischen den Variablen bleiben vor, während und nach der Abkalbung ungefähr gleich. Entgegen den vorliegenden sehr deutlichen Ergebnisse stellte MAHLKOW-NERGE (2004) keine Beziehung zwischen Häufigkeit der Tränkebesuche und der Höhe der Wasseraufnahme fest. DADO und ALLEN (1994) registrierten mit 0,85 vor allem einen starken Zusammenhang zwischen der Dauer des Tränkebesuches und der aufgenommenen Wassermenge. Die in den eigenen Analysen herausgearbeiteten engen Beziehungen zwischen den einzelnen Variablen ließen es sinnvoll erscheinen, die Auswirkungen einer Abkalbung auf die Entwicklung von Tränkekontakten je Tränkebesuch, aufgenommener Wassermenge je Tränkebesuch und aufgenommener Wassermenge je Tränkekontakt im Messzeitraum näher zu analysieren. Die Betrachtung der Tränkekontakte je Tränkebesuch, bewies im Gruppenmittel sehr ausgeglichene Werte vor und nach der Abkalbung.

Pro Tag und Besuch wurden zwischen 2,2 und 3,4 Tränkekontakte registriert. Ausgenommen davon sind der Abkalbungstag und der 1. Tag p. p. mit jeweils 1,9 Kontakten je Besuch. Daraus ergibt sich ein weiterer Hinweis auf den Einfluss einer Abkalbung bezüglich des Wasseraufnahmeverhaltens. Aus den Ergebnissen zu Tränkebesuchen und Tränkekontakten ist die Erhöhung p. p. nachzuvollziehen. Da in beiden Fällen die Werte tendenziell ansteigen, ändert sich das Verhältnis von Kontakten zu Besuchen im Vergleich zu a. p. nicht. Auf diese Weise wird der enge Zusammenhang zwischen diesen Variablen nochmals bestätigt. In gleicher Weise stellt sich das Verhältnis von aufgenommener Wassermenge je Tränkebesuch dar. Der Unterschied zwischen den Zeiträumen 14ap-2ap und 1pp-14pp ist minimal und beschränkt sich auf den Aspekt einer täglichen Wasseraufnahme von über 6l je Besuch. Der Tag 1ap ist in dem Vergleich absolut unauffällig, während der Abkalbungstag mit 4,5l je Tränkebesuch den mit Abstand kleinsten Wert aller Messtage aufweist. Die Erläuterung zu diesen Ergebnissen kann ohne Abweichung vom vorher beschriebenen Verhältnis von Tränkekontakten je Tränkebesuch übernommen werden. Leichte Differenzen zum Vorangegangenen zeigen sich in der Verbindung von aufgenommener Wassermenge je Tränkekontakt. Im Vergleich zum Zeitraum vor der Abkalbung steigt die Wasseraufnahme je Kontakt in den 14 Tagen nach der Abkalbung tendenziell an. Besonderheiten am Abkalbungstag fallen dagegen nicht auf. Grundsätzlich ist es eine logische Konsequenz, dass ein erhöhter Wasserbedarf p. p. mit einer Steigerung der Wassermenge je Tränkekontakt einhergeht. Bei dem Verhältnis von Wassermenge je Tränkebesuch war diese Entwicklung aber nicht festzustellen. Die Erhöhung der Tränkekontakte ist p. p. nicht so deutlich ausgeprägt, wie die der aufgenommen Wassermenge.

5.7.5 Bewertung des Parameters Wasseraufnahme und der angewandten statistischen Analysemethoden

Die Mittelwertberechnungen zu den einzelnen Variablen lassen den Rückschluss zu, dass die Abkalbung einen Einfluss sowohl auf das Wasseraufnahmeverhalten (Besuche, Kontakte) als auch auf die aufgenommene Wassermenge hat. Die weiteren Ergebnisse zeigen auch, dass die Einzeltierauswertung unter Anwendung der Lowessfunktion und Fourieranalyse weder eine zeitgenaue Erkennung noch eine Prognose zulässt. Die Hauptproblematik des Parameters Wasseraufnahme liegt dabei maßgeblich an dem geringen Zeitumfang, den die Wasseraufnahme mit ca. 9-12 Minuten (EBEL 2002) im Tagesverlauf in Anspruch nimmt sowie an der ungenügenden Regelmäßigkeit von täglichen Tränkebesuchen der einzelnen Individuen, selbst wenn die Tränkeeinrichtung komplikationslos ohne lange Wegstrecken zu erreichen ist. Da Tränkekontakte und aufgenommene Wassermenge an die Tränkebesuche geknüpft sind, können die Erkenntnisse der Tränkebesuche auf die beiden anderen Variablen übertragen werden.

6 Schlussfolgerungen zum geburtsnahen Zeitraum

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen insbesondere das Potential rechnergestützter Erfassungssysteme bei der Messung von Tierreaktionen in extensiven Tierhaltungen. Die Erkennung einer Abkalbung und die Erfassung verhaltensspezifischer Veränderungen innerhalb der vorgestellten Parameter ist bei Mutterkühen durchaus gegeben.

Der Parameter **Bewegungsaktivität** erwies sich im Verlauf der Untersuchungen und Auswertungen als sehr gut geeignet, um Abkalbungen zeitgenau zu identifizieren.

Der Nachweis von Veränderungen, hervorgerufen durch eine Abkalbung, ist den Ergebnissen zur Folge besonders in den Stunden der ersten Tageshälfte möglich. Sehr deutlich treten diese Veränderungen in den Nachstunden hervor, die mit Schrittaktivität und Brustbeinlage gleichermaßen zu erkennen sind.

Die Seitenlage hat erwartungsgemäß nur einen geringen Einfluss auf Liegezeit. Sie würde sich aber eventuell als Indikator für Schweregeburten eignen.

Die gewählten Methoden der Zeitreihenanalyse berücksichtigen zwei unterschiedliche Ansätze. Zum einen wird mit der Lowessfunktion ein Trend erzeugt und analysiert, zum anderen ermöglicht die Fourieranalyse die Identifizierung von Störungen in der Tagesperiodik von Schrittaktivität und Brustbeinlage.

Die Einschätzung von mit der Lowessfunktion erzielten Trends ermöglicht bereits eine hohe Effizienz in der Erkennung von Abkalbungen im Rahmen der Bewegungsaktivität. Mit Hilfe der Fourieranalyse verbessert sich vor allem die Sensitivität in der Erkennung. Zusätzlich kommt es aber zu einer höheren Fehlerrate aufgrund der Anzahl falsch positiv erkannter Abkalbungen.

Die rechnerische Verknüpfung beider Methoden ermöglicht die Erkennung von 75% aller Abkalbungen bei einer Fehlerrate von 25%. Liegt das Hauptaugenmerk auf der genauen und richtigen Erkennung von Abkalbungen, ist es die beste der vorgestellten Varianten. Wenn besonders Wert auf eine hohe Sensitivität gelegt und eine höhere Fehlerrate akzeptiert wird, sollten Lowessfunktion und Fourieranalyse mit der gleichen Gewichtung in ein Modell einfließen, ohne eine rechnerische Vereinigung.

Die **Flächennutzung** ist als Parameter zur Erkennung von Abkalbungen nur bedingt geeignet. Es konnte aber festgestellt werden, dass die Verkleinerung der genutzten Fläche unmittelbar nach der Geburt einsetzt und dadurch das Ereignis noch sehr zeitnah identifiziert werden kann. Die Veränderungen im Vergleich zu den Tagen vor der Abkalbung sind besonders am Nachmittag ausgeprägt, da die Tiere in einer sehr aktiven Phase die Flächennutzung einschränken. Die Bestimmung von Minimum Convex Polygonen ist nicht die einzige Möglichkeit zur Beschreibung der Flächennutzung von Rindern. Andere anwendbare Methoden (Standortbestimmung) können die bis hierher gewonnenen Erkenntnisse durchaus verbessern.

Die Bestimmung des Parameters **Wasseraufnahme** ermöglichte einen Einblick in den Bedarf und das Wasseraufnahmeverhalten extensiv gehaltener Rindern.

Der Bedarf von Mutterkühen ist nach den Ergebnissen zu urteilen nicht so hoch, wie es bisher angenommen wurde, wobei die Trockenmasse des Futters einen größeren Einfluss auf die Wassermenge zu haben scheint als die äußeren klimatischen Bedingungen.

Die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Variablen Tränkebesuche, Tränkekontakte und aufgenommene Wassermenge sind sehr eng, so dass der gegenseitige Einfluss ebenfalls sehr hoch sein sollte.

Im Wasseraufnahmeverhalten zeigen sich durchaus Veränderungen, die durch eine Abkalbung ausgelöst werden. Im Allgemeinen kommt es zu einer Verringerung der Tränkekontakte und der aufgenommenen Wassermenge. Nachvollziehbar ist anhand der Ergebnisse auch, dass es nach der Abkalbung einen steigenden Wasserbedarf gibt, der den Erwartungswerten aus der Literatur aber nicht gerecht wird.

Das Wasseraufnahmeverhalten der einzelnen Tiere unterliegt einer Unregelmäßigkeit, welche die Nutzung des Parameters zur zeitnahen Erkennung einer Abkalbung nicht zulässt. Dabei wirkt sich diese Unregelmäßigkeit besonders negativ auf die Anwendung statistischer Zeitreihenmethoden aus.

7 Ergebnisse zum brunstnahen Zeitraum

7.1 Brunstereignisse

Für die Auswertung des brunstnahen Zeitraumes wurden 10 Brunstereignisse hinzugezogen. Bei Kuh 18 sind 2 Ereignisse registriert worden. 2 Tiere waren ungekalbte Färsen, die restlichen Mutterkühe hatten mindestens einmal gekalbt (Tabelle 54). Die Bezeichnung der Tiere im Verlauf der Ausführungen setzt sich aus der Kuhnummer und dem Tag des oestrus zusammen (z. B. 13 120704).

Tabelle 54: Überblick über die Brunstereignisse und den Status der Rinder

Kuh Nr.	Tag des oestrus	Status des Tieres
13	12.07.04	multiparous
18	21.07.04	multiparous
18	10.08.04	multiparous
34	23.07.04	multiparous
43	25.07.04	primiparous
54	17.07.04	Färse
55	26.07.04	Färse
111	22.07.04	multiparous
222	10.07.04	multiparous
333	16.07.04	multiparous

Aufgrund technischer Gegebenheiten gestaltet sich die Anzahl und Auswahl der ausgewerteten Brunstereignisse bei den einzelnen Parametern unterschiedlich. Im Einzelnen betrifft das die Tiere 55 260704 und 222 100704.

7.2 Ergebnisse Parameter Bewegungsaktivität

Zur Analyse des Parameters Bewegungsaktivität standen 10 Brunstereignisse zur Verfügung. Die Messreihe der Färse 55 260704 begann erst ab dem 3. Tag pro oestrus und bei Kuh 222 100704 ab dem 4. Tag pro oestrus. Der Grund dafür ist, dass nicht für jedes Tier ein Pedometer vorhanden war sowie bei diesen Tieren die Brunst früher als erwartet einsetzte.

Die gesamte Untersuchungszeit unterteilt sich in 2 Zeiträume: den brunstunbeeinflussten Zeitraum (5pro-2pro oestrus und 2post-3post oestrus) sowie den brunstbeeinflussten Zeitraum (1pro-1post oestrus).

7.2.1 Schritttaktivität im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 5 pro-3 post oestrus

Die durchschnittliche Schritttaktivität innerhalb von 24 Stunden unterliegt im brunstunbeeinflussten Zeitraum wenigen Schwankungen. Auch die Tage 1pro oestrus sowie 1 post oestrus (brunstbeeinflusster Zeitraum) zeigen keine auffälligen Abweichungen. Den Tag des oestrus ausgenommen, wurden zwischen 10.402 und 11.213 Schrittimpulse gezählt. Das entspricht in etwa den Werten des geburtsnahen Zeitraumes. Die einzige klar hervortretende Veränderung für die Zeit von 0-24 Uhr ist am Tag der Hauptbrunst (oestrus) zu erkennen. Die Schritttaktivität steigt auf 14.278 gezählte Schrittimpulse an. Im Vergleich zum kleinsten Durchschnittswert der anderen Messtage bedeutet es eine Erhöhung um 37,2% und im Vergleich zum größten Durchschnittswert der anderen Messtage eine Steigerung von 27,3%.

Die Standardabweichung lag an 7 der 9 Messtage unter 20%. Am 5. Tag pro oestrus wurden 24,2% festgestellt. Die höchste Standardabweichung gab es am Tag des oestrus mit 26,4%. Damit liegt s^2 im brunstnahen Brunstzeitraum stets unter dem Niveau von s^2 im geburtsnahen Zeitraum.

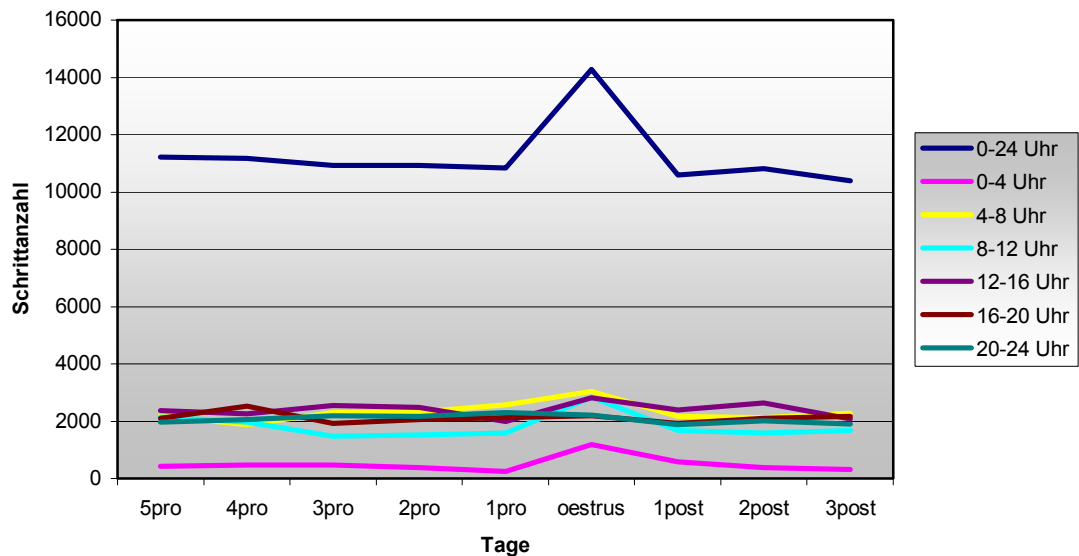


Abbildung 69: Gruppenmittel der Schrittaktivität von 10 Brunstereignissen – Anteile der 4-Stunden Tageszeitabschnitte

Abbildung 69 zeigt, dass die mit Abstand geringste Schrittaktivität erwartungsgemäß zwischen 0-4 Uhr vorliegt. Hier bewegen sich die gezählten Schrittpulse im brunstunbeeinflussten Zeitraum zwischen 313 und 475, was einem Anteil von nur 2,3-5,5% entspricht. Mit 246 bzw. 585 gezählten Schrittpulsen liegen die Tage 1pro und 1post oestrus an der unteren und oberen Grenze, bezogen auf die Messtage des brunstunbeeinflussten Zeitraumes. Eine deutliche Verschiebung der Schrittaktivität wurde erst am Tag des oestrus mit durchschnittlich 1.194 Schrittpulsen ermittelt. Bei Berücksichtigung aller Messtage ergibt sich daraus im Minimum eine Erhöhung um 104,1% und im Maximum um 385,4%. Tendenziell liegen die übrigen Tageszeitabschnitte bezüglich der Schrittaktivität dichter beieinander. Im brunstunbeeinflussten Zeitraum wurden zwischen 1.476 und 2.629 Schrittpulse registriert. Während der Tageszeitabschnitte 16-20 Uhr und 20-24 Uhr konnte auch am Tag des oestrus keine deutliche Veränderung der Schrittaktivität festgestellt werden. In den Tageszeitabschnitten 4-8 Uhr, 8-12 Uhr und 12-16 Uhr ist eine Erhöhung ausschließlich am Tag der Hauptbrunst zu erkennen. Die deutlichste Ausprägung ist für den Zeitabschnitt 8-12 Uhr festzustellen. Die Steigerung umfasst im Vergleich zu den übrigen Messtagen (inklusive 1pro und 1post) im Minimum 31,5% und im Maximum 92,1%.

Die Standardabweichung aller 4-Stunden Tageszeitabschnitte bewegt sich zwischen 14,7% und 90,6%, wobei die höchste Streuung generell in der Zeit von 0-4 Uhr auftrat.

Aus den 8-Stunden Tageszeitintervallen (Abbildung 70) ergibt sich die geringste Schrittaktivität in der Zeit zwischen 0-8 Uhr mit durchschnittlich 2.357-2.814 Schrittpulsen. Sie umfasst anteilig 21,1-26,0% der Schrittaktivität des gesamten Tages. Einzig der Tag des oestrus weist einen stark erhöhten Wert mit 4.232 registrierten Schrittpulsen auf. Das entspricht im Minimum einer Erhöhung von 33,5% und im Maximum einer Erhöhung von 44,3%.

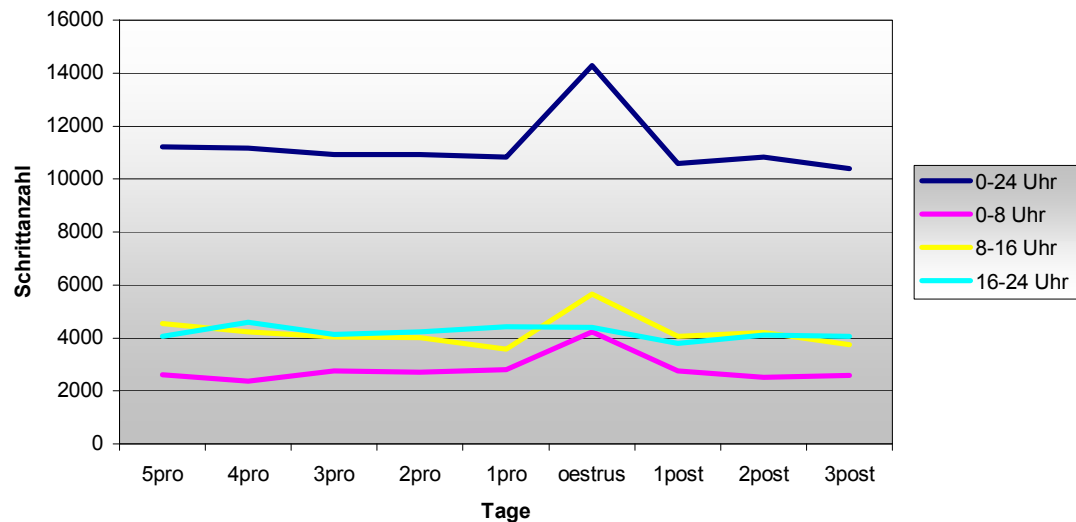


Abbildung 70: Gruppenmittel der Schrittaktivität von 10 Brunstereignissen – Anteile der 8-Stunden Tageszeitabschnitte

Den Tag des oestrus ausgenommen, befinden sich die Tageszeitabschnitte 8-16 Uhr und 16-24 Uhr auf einem ähnlichen Niveau. Im brunstunbeeinflussten Zeitraum lag die Anzahl der Schritimpulse beider Tageszeitabschnitte zwischen 3.757 und 4.583. Während zwischen 16-24 Uhr am Tag des oestrus keine erkennbare Änderung eintritt, ist im Tageszeitabschnitt 8-16 Uhr eine Erhöhung offensichtlich. Im Minimum steigen die gezählten Schritimpulse um 24,6% und im Maximum um 50,4%.

Die Standardabweichungen aller Messtage reicht in allen 8-Stunden Zeitintervallen von 13,9-41,5%.

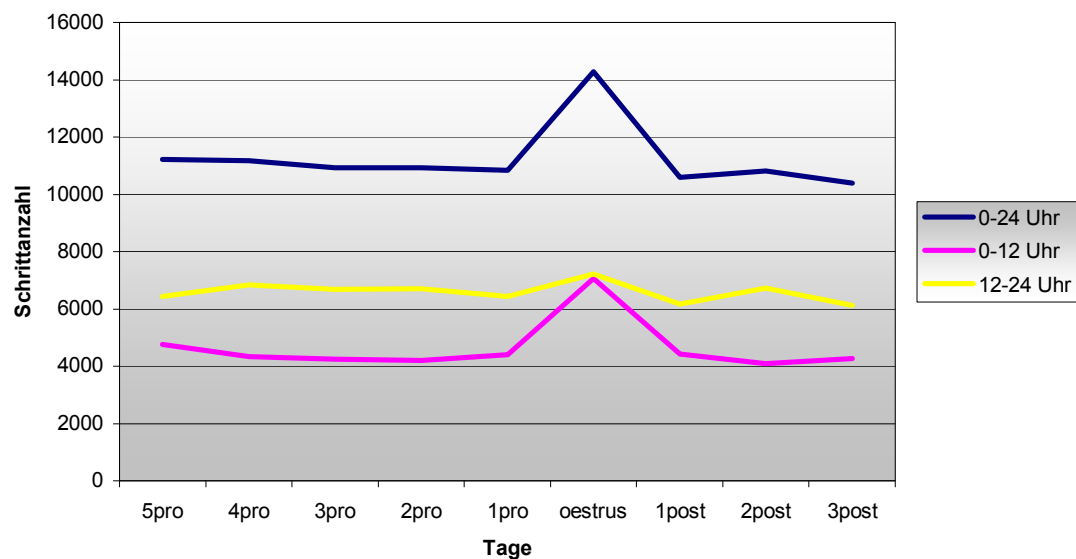


Abbildung 71: Gruppenmittel der Schrittaktivität von 10 Brunstereignissen – Anteile der 12-Stunden Tageszeitabschnitte

Bei der Untersuchung der 12-Stunden Tageszeitabschnitte (Abbildung 71), zeigt sich in der zweiten Tageshälfte eine höhere Aktivität der Mutterkühe. Das Niveau bewegt sich im brunstunbeeinflussten Zeitraum von 6.124-6.841 gezählten Schritimpulsen, wobei ein Anteil an der Schrittaktivität des gesamten Tages zwischen 57,5% und 62,2% ermittelt wurde. Am Tag des oestrus wurde in der Zeit von 12-24 Uhr zwar mit 7.212 Schritimpulsen ein leichter Anstieg registriert, fällt aber im Vergleich zum Anstieg im Tageszeitabschnitt von 0-12 Uhr kaum ins Gewicht. In der Zeit von 0-12 Uhr wurden durchschnittlich in den brunstunbeeinflussten Messtagen zwischen 4.087 und 4.771 Schritimpulse erfasst. Auch die Tage 1pro und 1post oestrus liegen in diesem Bereich. Am Tag des oestrus kommt es zu einer deutlichen Erhöhung auf 7.067 Schritimpulse, was minimal einen Anstieg von 48,1% und maximal einen Anstieg von 72,9% bedeutet. Durch die ausgeprägte Erhöhung der Schrittaktivität im Tageszeitabschnitt 0-12 Uhr zur Hauptbrunst, sind die Anteile der Schrittaktivität nur am Tag des oestrus mit 49,5% (0-12 Uhr) und 50,5% (12-24 Uhr) ungefähr gleich verteilt.

Die Standardabweichungen in beiden 12-Stunden Zeitintervallen betragen an allen Messtagen insgesamt zwischen 16,9% und 36,0%, wobei die höchste Streuung jeweils auf den Tag des oestrus fällt.

7.2.2 Mittelwertvergleich der Schrittaktivität zwischen brunstunbeeinflusster (bub) und brunstbeeinflusster (bb) Zeit

Aus den vorangegangenen Darstellungen geht hervor, dass am Tag der Hauptbrunst eine erhöhte Anzahl Schritimpulse zu verzeichnen war. Der Vergleich von brunstunbeeinflusster und brunstbeeinflusster Zeit bestätigt diese Ergebnisse. Die Gegenüberstellung ergab aber nur in 3 von 12 Tageszeitabschnitten auch gering signifikante Unterschiede (Abbildung 55). Vergleichbar mit dem geburtsnahen Zeitraum, treten während der Brunst die signifikanten Differenzen vor allem in der ersten Tageshälfte auf.

Tabelle 55: Vergleich der Schrittaktivität zwischen brunstunbeeinflusster und brunstbeeinflusster Zeit

TAGESZEIT	ZEITRAUM	n	MW	STABW	MIN	MAX	SIGNIFIKANZ
0-12 Uhr	bub	10	4304,6	927,3	2399	6358	0,021*
	bb	10	5299,4	2039,7	3046	12030	
0-8 Uhr	bub	10	2592,5	664,5	936	3855	0,018*
	bb	10	3266,7	1348,6	1254	7405	
4-8 Uhr	bub	10	2187,0	607,0	907	3613	0,023*
	bb	10	2591,7	814,9	1170	4633	

7.2.3 Einzeltieranalyse der Schrittaktivität mit der Lowessfunktion

Beschreibung und Bewertung der Lowessfunktion im geburtsnahen Zeitraum haben ergeben, dass die 1%ige Glättung für die Interpretation der Schrittaktivität geeignet ist. Deshalb wird diese Glättung auch im Folgenden zur Ermittlung des Trendverlaufs in der Schrittaktivität im brunstnahen Zeitraum herangezogen.

In Abbildung 72 ist die Lowessfunktion der Schrittaktivität von Kuh 222 100704 im brunstnahen Zeitraum dargestellt. Dem Diagramm ist zu entnehmen, dass die geglätteten Werte der Schritimpulse von Kuh 222 100704 in den Tagen 4pro-1pro oestrus den Wert 100 nicht überschreiten. Am Tag des oestrus ist in der ersten Tageshälfte ein starker Anstieg der geglätteten Kurve festzustellen, mit einem Peak über 150, der z. B. den Mittelwert um mehr als das Zweifache überschreitet. Ab der zweiten Tageshälfte und fortführend in den 3 Messtagen nach dem oestrus verbleiben die geglätteten Werte auf dem Niveau der Tage vor dem oestrus.

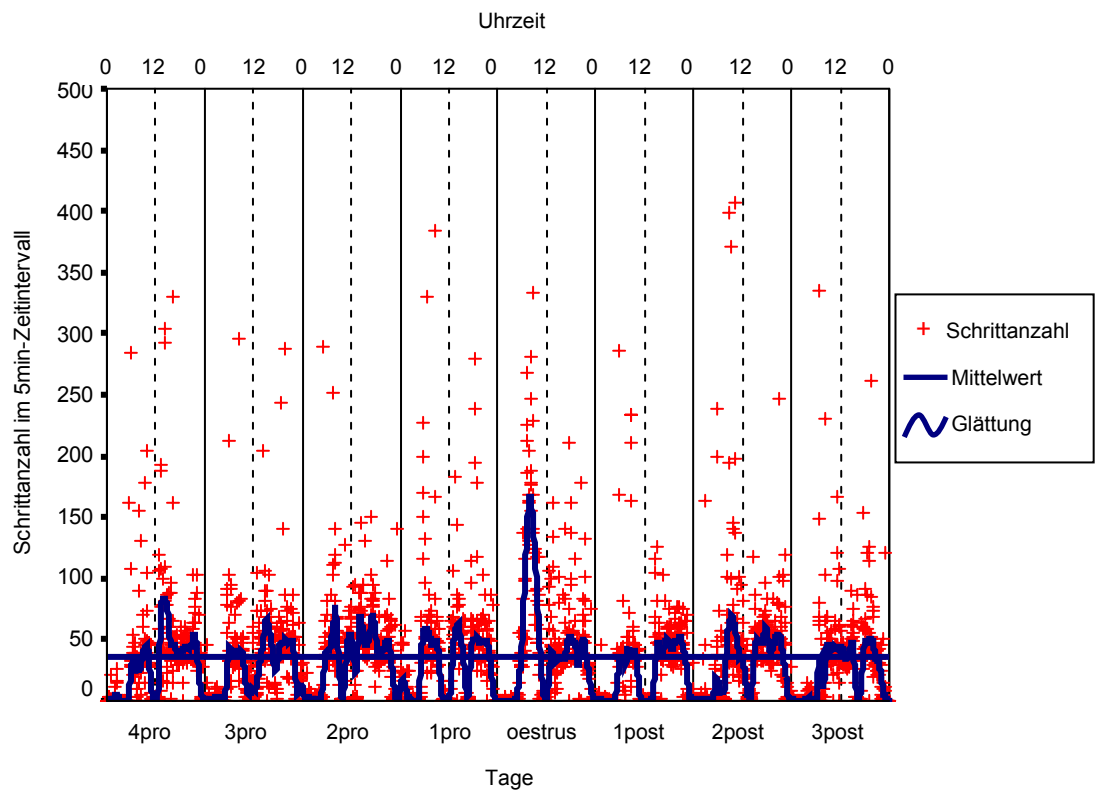


Abbildung 72: Schritttaktivität - Scatterplot der Kuh 222 100704 mit 1%iger Glättung

Dass ein Maximum der Schritttaktivität am Tag des oestrus im Vergleich zu allen anderen Messtagen auftritt, ist bei 6 weiteren Tieren (13 120704, 18 210704, 34 230704, 43 250704, 55 260704, 111 220704) der Fall. Allerdings ist die Ausprägung des Maximums bei nur einem Tier (55 260704) ähnlich aussagekräftig, wie bei Kuh 222 100704.

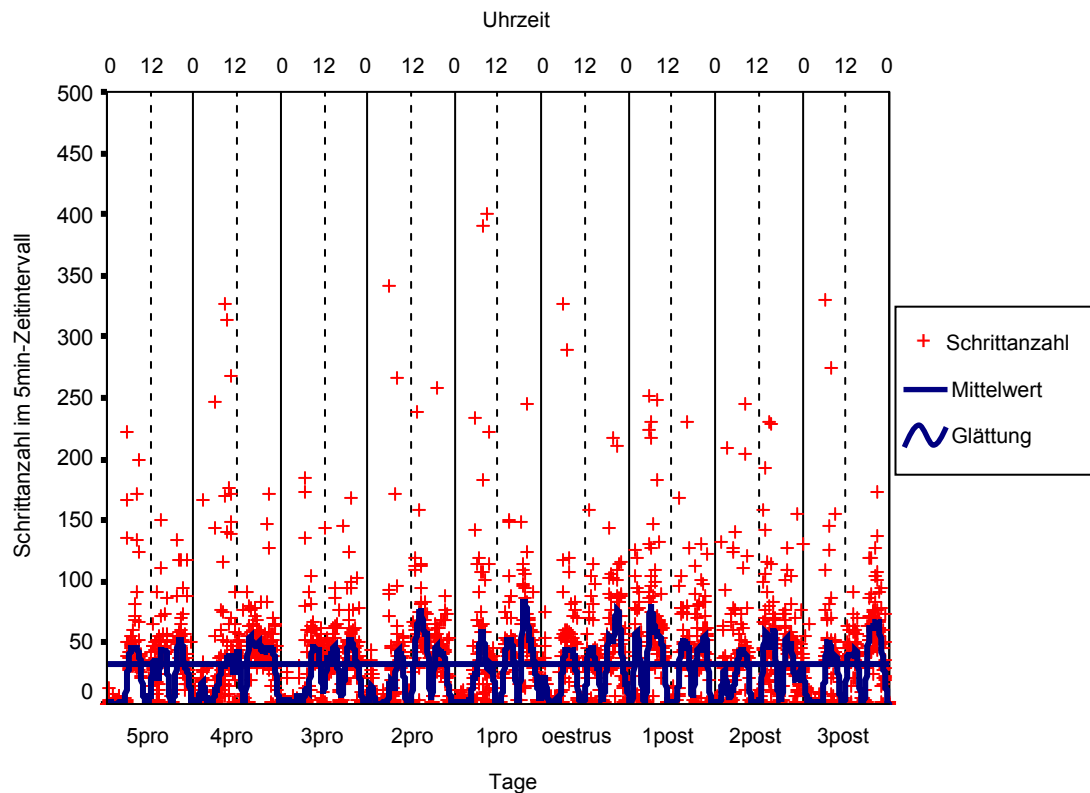


Abbildung 73: Schrittkaktivität - Scatterplot der Kuh 333 160704 mit 1%iger Glättung

Bei den 3 verbleibenden Tieren 18 100804, 54 170704 und 333 160704 ist kein Maximum der geglätteten Schrittpulse am Tag des oestrus zu erkennen.

7.2.4 Einzeltieranalyse der Schrittkaktivität mit der Fourieranalyse

Am Beginn der Betrachtungen zur Fourieranalyse sind in Abbildung 74 die mittleren LKG aller Mutterkühe dargestellt. Die Verfahrensweise mit den Daten und die Einteilung der Zeitabschnitte ist vom geburtsnahen Zeitraum übernommen worden. Der Kurvenverlauf zeigt, dass die LKG im Gruppenmittel über den gesamten Untersuchungszeitraum in der Regel 80% nicht unterschreiten. Ausnahme ist der Zeitabschnitt oestrus-1post mit 79,4%. Das ist auch gleichzeitig das Minimum.

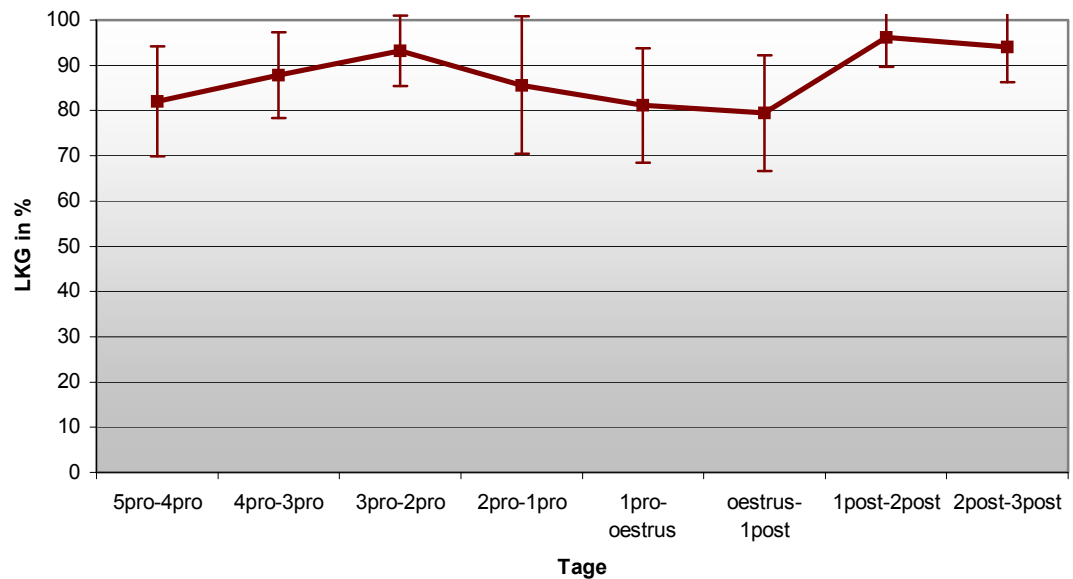


Abbildung 74: Schrittaktivität - LKG im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 5pro – 3 post oestrus

Trotz eines abfallenden Verlaufes der LKG zum Zeitpunkt der Brunst wirkt sich dieses Ereignis im Durchschnitt der Gruppe nicht so störend auf die Tagesperiodik der Mutterkühe aus, wie eine Abkalbung.

Dass die Werte zwischen den Einzeltieren vergleichsweise gering streuen, zeigt die Standardabweichung, welche über die eingeteilten Zeitabschnitte von 6,8% (1post-2post) bis 17,8% (2pro-1pro) reicht.

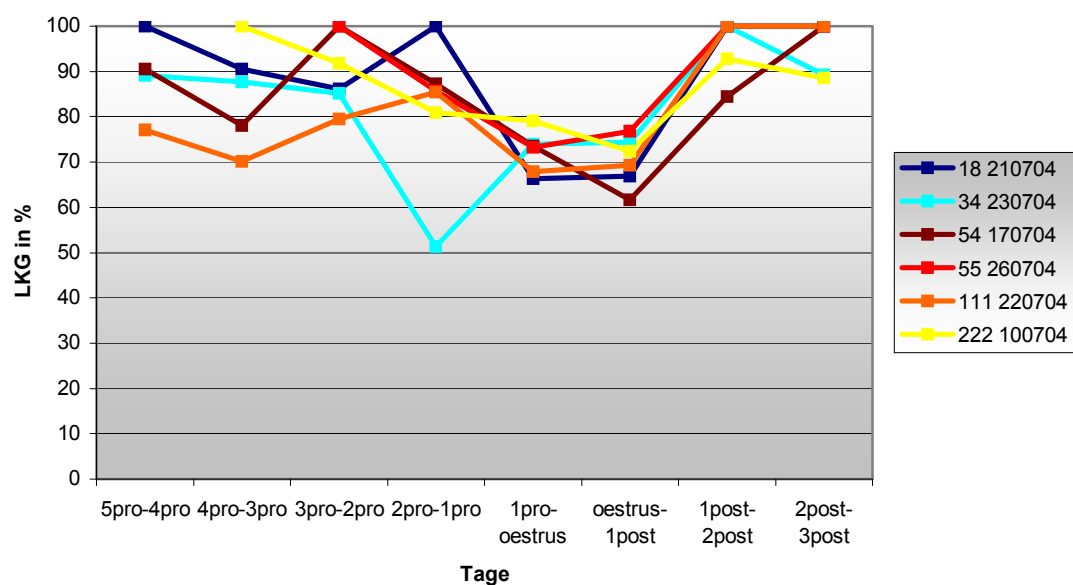


Abbildung 75: Schrittaktivität - Mutterkühe mit einem tendenziell absinkenden LKG in den Zeitabschnitten 1pro-oestrus und oestrus-1post

Die Berechnungen der LKG ergab bei 6 von 10 Tieren eine abfallende Tendenz in den oestrus beeinflussten Zeitabschnitten 1pro-oestrus und oestrus-1post. Bei keinem Tier sanken die LKG in dieser Zeit unter 60%, wie es bei den Abkalbungen sehr häufig auftrat. Einen LKG von deutlich weniger als 60% wurde nur bei Tier 34 230704 im Zeitabschnitt 2pro-1pro ermittelt. Hier lag der Wert bei 51,4%. Die Kurvenverläufe der in Abbildung 75 dargestellten Tiere zeigen insgesamt sehr unterschiedliche Entwicklungen. Die LKG lagen vor der Hauptbrunst im Allgemeinen zwischen 70,2% und 100%, wobei die Werte innerhalb dieser Spanne von Tier zu Tier differieren. In den Zeitabschnitten mit Beteiligung des oestrus wurden von allen Tieren (Ausnahme Kuh 34 230704) die kleinsten LKG erreicht. Diese bewegten sich zwischen 61,7% und 79,1%. In den beiden Zeitabschnitten 1post-2post und 2post-3post gibt es danach wieder eine klare Tendenz hin zu höheren LKG mit Werten von 84,5-100%.

Die verbliebenen 4 der 10 Tiere zeigen im zeitlichen Verlauf keine absinkenden LKG in den oestrus beeinflussten Zeitabschnitten (Abbildung 76). Die niedrigsten Werte wurden von den Kühen 18 100804 und 43 250704 mit 65,6% und 67,0% im Zeitabschnitt 5pro-4pro erreicht. In den Zeitabschnitten 1pro-oestrus und oestrus-1post bewegten sich die LKG von 84,3-100% und lassen keine Störung der Tagesperiodik infolge des Brunstereignisses erkennen.

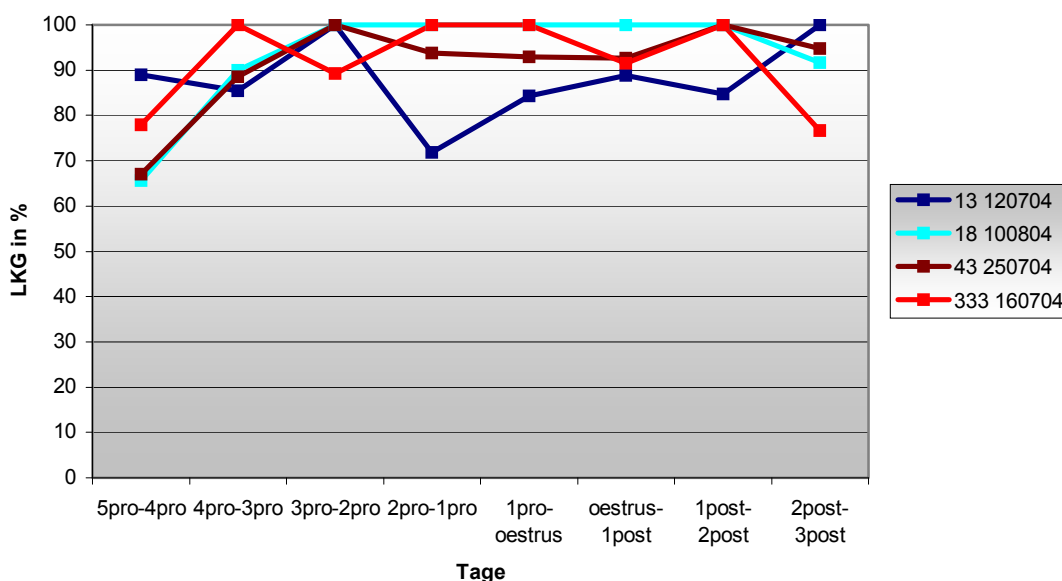


Abbildung 76: Schrittaktivität - Mutterkühe ohne tendenziell absinkenden LKG in den Zeitabschnitten 1pro-oestrus und oestrus-1post

Die Auswirkungen der Brunstereignisse auf die Harmonischen Anteile, als zweiten Aspekt der Fourieranalyse, sind nur bei den Einzeltieren in geringem Umfang festzustellen. Die Mittelwertberechnung zeigt bereits, dass es im Verlauf der Harmonischen Anteile über die Zeitachse keine erkennbare Tendenz gibt (Abbildung 77).

Die Spannweite zwischen den Werten aller analysierter Zeitabschnitte liegt zwischen 23,3% (5pro-4pro) und 29,8% (1post-2post) mit einer Standardabweichung von 21,5-37,0%, wobei s^2 im Zeitabschnitt oestrus-1post prozentual am höchsten ist.

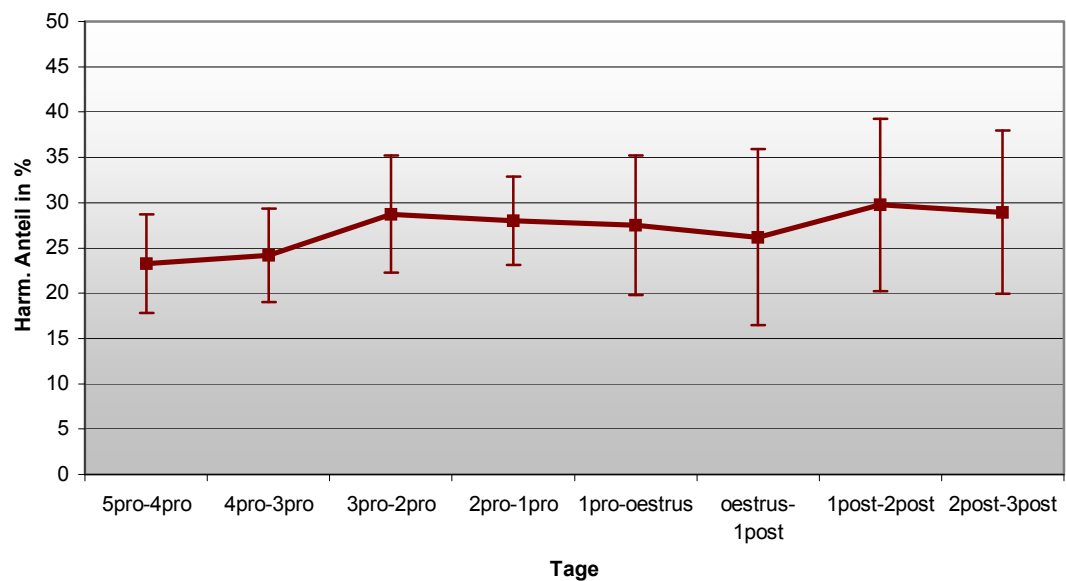


Abbildung 77: Schrittaktivität - Harmonischer Anteil im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 5pro-3post oestrus

In Abbildung 78 sind die Tiere dargestellt, deren Harmonische Anteile zumindest eine schwach abfallende Tendenz in einem der brunstbeeinflussten Zeitabschnitte haben. Diese Entwicklung tritt bei 6 von 10 Tieren auf. Allerdings sind die Mutterkühe nicht ausschließlich mit denjenigen identisch, die auch eine absinkende Tendenz im LKG aufweisen. Bei allen in Abbildung 78 aufgezeigten Tieren fällt das Minimum in einen der oestrus beeinflussten Zeitabschnitte. Die Kurven von 5 Tieren liegen zumindest beieinander, obwohl sich der Kurvenverlauf der einzelnen Tiere verschieden gestaltet. In den Zeitabschnitten ohne Beteiligung des oestrus bewegen sich die Harmonischen Anteile zwischen 18,5% und 34,9%. Die Werte der oestrus beeinflussten Tage betragen 15,6-24,9%. Das Tier 55 260704 liegt dagegen im Verlauf der analysierten Zeitabschnitte weit über dem Niveau der anderen Tiere. Das errechnete Minimum im Zeitabschnitt 1pro-oestrus erreicht 33,7%. Alle weiteren Werte liegen zwischen 35,5 und 50,0%.

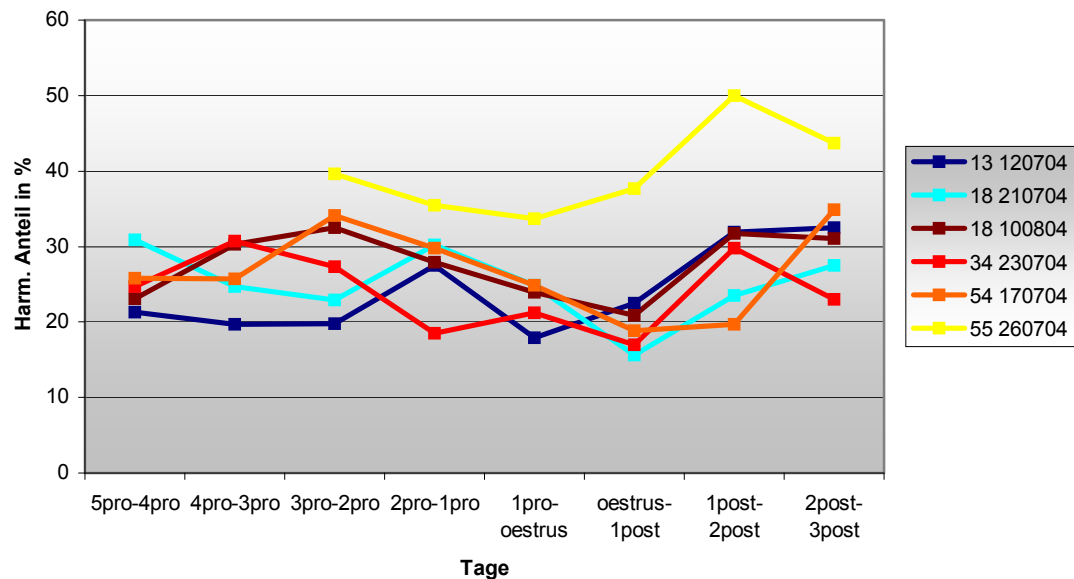


Abbildung 78: Schrittaktivität - Mutterkühe mit einem tendenziell absinkenden Harmonischen Anteil in den Zeitabschnitten 1pro-oestrus oder oestrus-1post

Die Kurvenverläufe der übrigen 4 Mutterkühe zeigen keine abfallende Tendenz der Harmonischen Anteile in den Zeitabschnitten 1pro-oestrus und oestrus-1post (Abbildung 79). Über alle Zeitabschnitte hinweg haben die Harmonischen Anteile bei 3 Tieren (43 250704, 111 220704, 333 160704) eine Spannweite von 11,8-38,6%. Interessant ist die Entwicklung der Harmonischen Anteile von Kuh 222 100704. Während die LKG dieses Tieres in den oestrus beeinflussten Zeitabschnitten absinken, erreichen die Harmonischen Anteile hier mit 44,1% und 46,2% die mit Abstand höchsten Werte aller Zeitabschnitte.

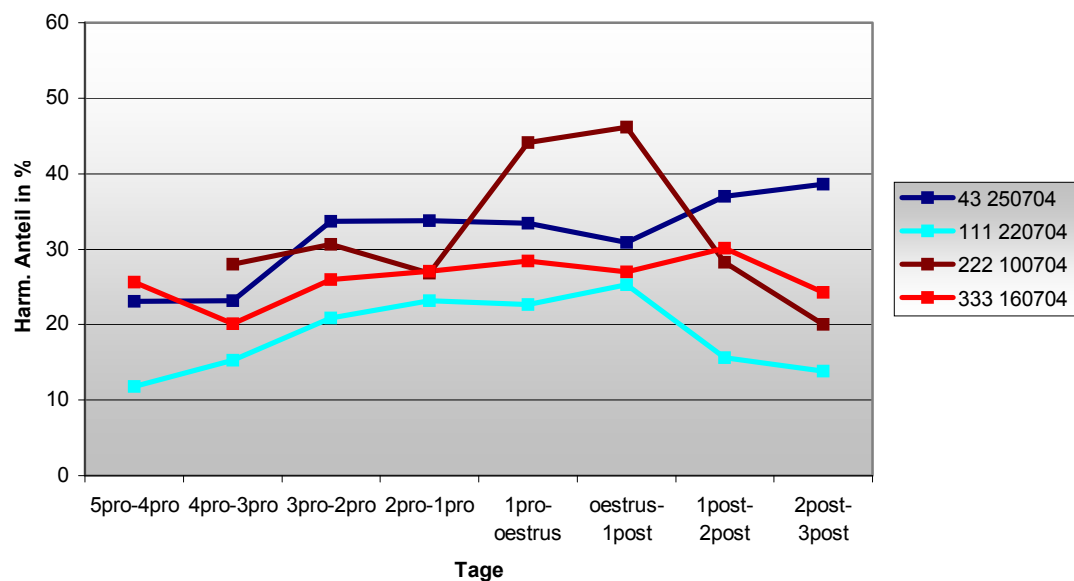


Abbildung 79: Schrittaktivität – Mutterkühe ohne tendenziell absinkenden Harmonischen Anteil in den Zeitabschnitten 1pro-oestrus und oestrus-1post

7.2.5 Brustbeinlage im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 5pro-3post oestrus

Die Gesamtliegezeit beträgt im Untersuchungszeitraum zwischen 459 und 592 Minuten und entspricht umgerechnet 7,6 bis 9,9 Stunden. Das Minimum von 7,6 Stunden trat am Tag des oestrus auf. Ähnlich den Ergebnissen aus dem geburtsnahen Zeitraum wurde festgestellt, dass die Brustbeinlage mit 96,0-98,7% erwartungsgemäß den größten Anteil an der Gesamtliegezeit hat. Insgesamt verbrachten die Mutterkühe im Durchschnitt 523-582 Minuten bzw. 8,7-9,7 Stunden je Tag in der Brustbeinlage (Abbildung 80). Als Ausnahme tritt der Tag des oestrus hervor. Hier sinkt die Brustbeinlage im Gruppenmittel auf 453 Minuten. Das entspricht 7,5 Stunden. Damit verringert sich die Brustbeinlage im Vergleich zu den anderen Messtagen im Minimum um 13,4% und im Maximum um 22,3%.

Die Standardabweichung der einzelnen Messtage für den Tageszeitabschnitt 0-24 Uhr schwankt zwischen 9,8% und 28,7%. Damit befinden sich die Werte in einem ähnlichen Bereich wie bei der Schrittaktivität.

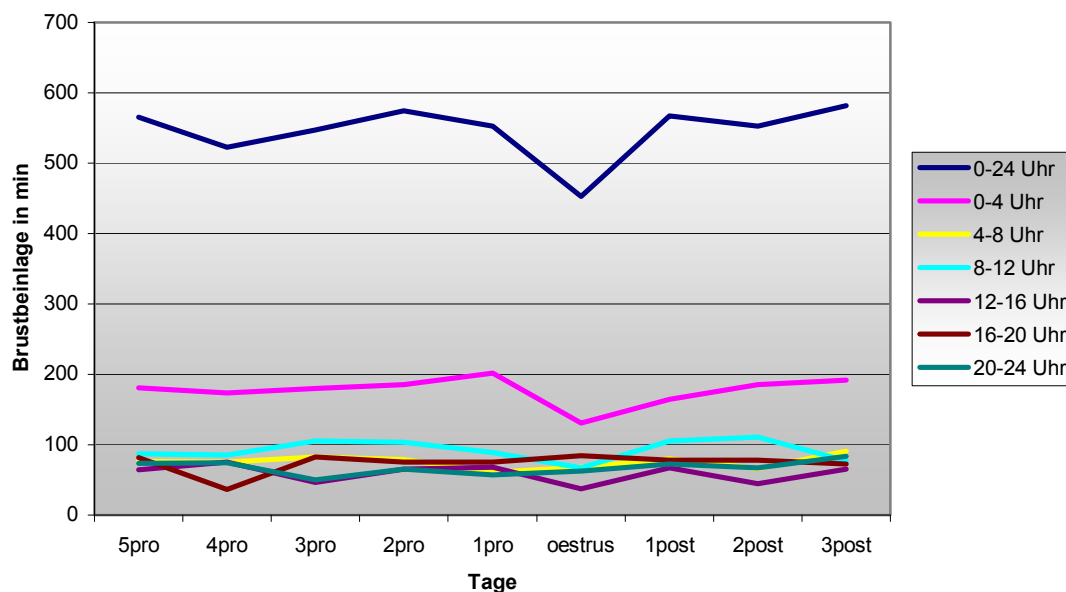


Abbildung 80: Gruppenmittel der Brustbeinlage von 10 Brunstereignissen – Anteile der 4-Stunden Tageszeitabschnitte

Aus Abbildung 80 ist ablesbar, dass zwischen 0-4 Uhr die höchsten Liegezeiten über den gesamten Untersuchungszeitraum erreicht werden. Vor der Hauptbrunst entfallen zwischen 32,0% und 36,4% auf diesen Tageszeitabschnitt. Am Tag des oestrus und einen Tag post oestrus liegt der Anteil bei jeweils 29%. Danach wird das Niveau der Tage pro oestrus wieder erreicht. So werden in der Zeit von 0-4 Uhr vor der Brunst zwischen 174,0 und 201,5 Minuten (2,9-3,4h) in Brustbeinlage verbracht. Am Tag des oestrus sinkt der Wert auf 131,3 Minuten was im Minimum einer Absenkung von 24,5% und im Maximum von 34,8% entspricht.

Nach der Brunst steigt die Liegezeit wieder an. In den übrigen Tageszeitabschnitten wird an den Messtagen eine Liegezeit von 106 Minuten nicht überschritten. Eine leichte Verringerung der Liegezeit am Tag des oestrus kann tendenziell noch für den Tageszeitabschnitt 8-12 Uhr festgestellt werden.

Die Standardabweichung der 4-Stunden Tageszeitabschnitte differiert sehr stark, unterschreitet aber bis auf 3 Ausnahmen (12-16 Uhr, 16-20 Uhr) stets den Mittelwert. Die Spannweite über alle 4-Stunden Tageszeitabschnitte und Messtage beträgt 9,7-131,5%. Diese Extreme fallen auf den 2. Tag pro sowie den 4. Tag pro oestrus.

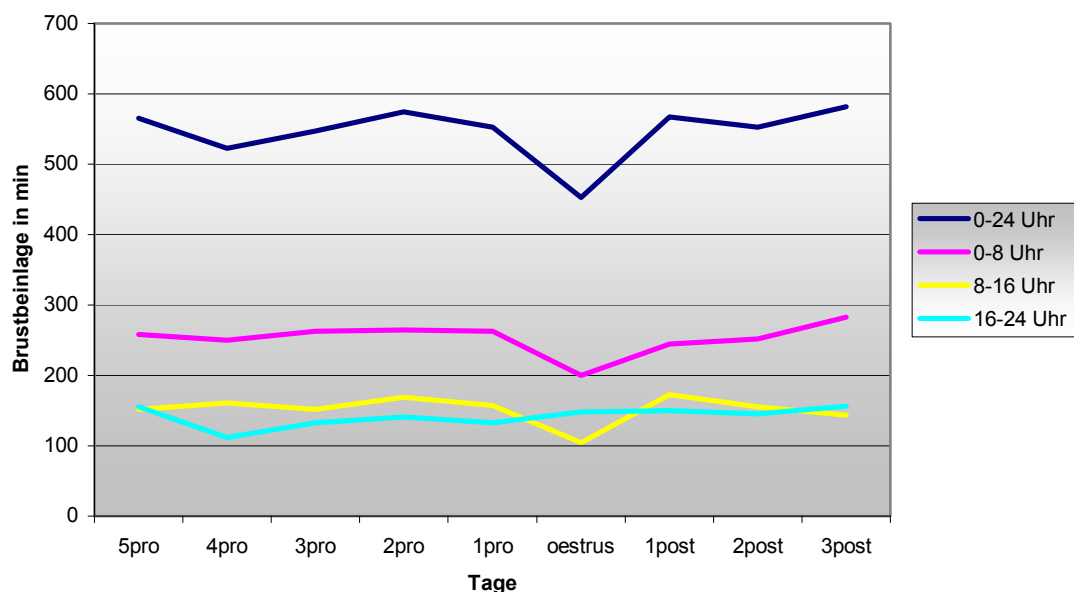


Abbildung 81: Gruppenmittel der Brustbeinlage von 10 Brunstereignissen – Anteile der 8-Stunden Tageszeitabschnitte

Die Aufteilung des Tages in 8-Stunden Tageszeitabschnitte, dargestellt in Abbildung 81, ergibt für die ersten 8 Stunden des Tages den höchsten Anteil an der Liegezeit in Brustbeinlage. Mit 43,1-48,5% bleibt der Anteil an der Liegezeit des gesamten Tages über den vollständigen Untersuchungszeitraum sehr konstant. Die Absenkung der Liegezeit am Tag des oestrus ist wiederum deutlich zu erkennen. An allen Tagen pro oestrus beträgt die Brustbeinlage zwischen 250 und 265 Minuten (4,2-4,4 Stunden). Im Vergleich hierzu sinkt die Liegezeit am Tag des oestrus auf 200 Minuten ab. Bezogen auf das Minimum und Maximum der Vortage, bedeutet das eine Verringerung von 20,0-24,5%. In den Tagen 1-3 post oestrus steigt die Liegezeit wieder an. Grundsätzlich bewegt sich die Liegezeit der Tageszeitabschnitte 8-16 Uhr und 16-24 Uhr mit maximal 173 Minuten deutlich unter dem Niveau des Tageszeitabschnittes 0-8 Uhr. Während es im Kurvenverlauf des Tageszeitabschnittes 16-24 Uhr über alle Messtage hinweg kaum Veränderungen gibt, ist im Tageszeitabschnitt 8-16 eine Absenkung der Liegezeit am Tag des oestrus erkennbar. Vor der Hauptbrunst verbrachten die Mutterkühe während dieser Tageszeit zwischen 152 und 169 Minuten (2,5-2,8 Stunden) in der Brustbeinlage.

Am Tag des oestrus wurden 105 Minuten festgestellt. Daraus folgt eine Verringerung der Liegezeit im Vergleich zu den Vortagen von 31,1-37,9%. Auch hier steigen die Werte nach der Hauptbrunst wieder an.

Über die 8-Stunden Tageszeitintervalle hinweg betrachtet, schwankt die Standardabweichung zwischen 14,4% und 82,0%. Dabei treten die geringsten Streubreiten im Tageszeitabschnitt 0-8 Uhr auf.

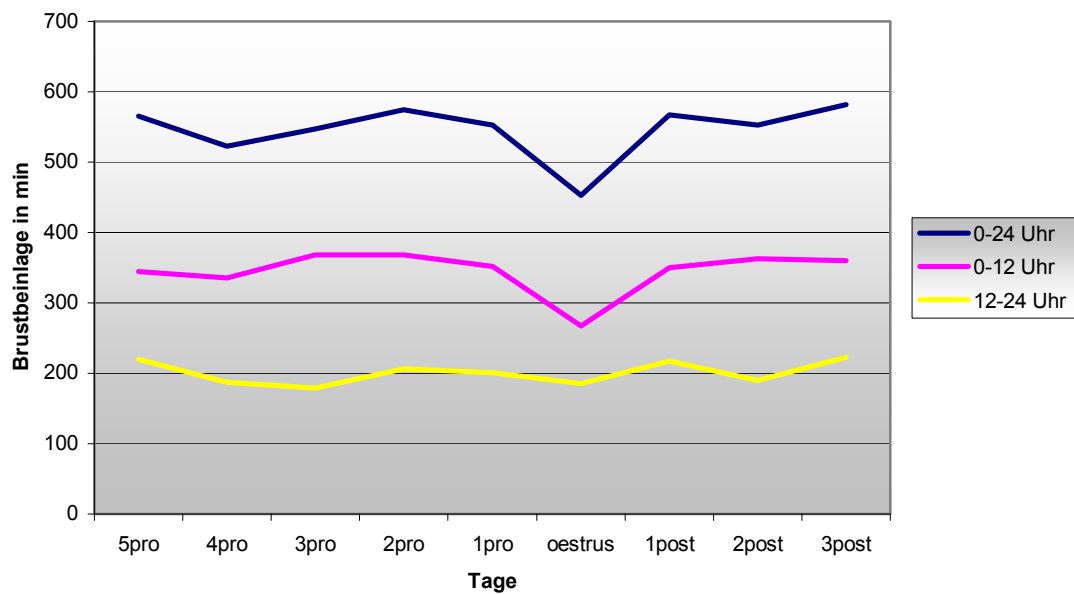


Abbildung 82: Gruppenmittel der Brustbeinlage von 10 Brunstereignissen – Anteile der 12-Stunden Tageszeitabschnitte

Die Aufteilung des gesamten Tages in die beiden Tageszeitabschnitte 0-12 Uhr und 12-24 Uhr zeigt, dass der größte Anteil der täglichen Liegezeit in die Tageszeit von 0-12 Uhr fällt. Hier weisen die Mutterkühe im Untersuchungszeitraum 59,1-67,2% der Gesamtliegezeit in Brustbeinlage auf, während die Tiere zwischen 12-24 Uhr mit 32,8-40,9% wesentlich weniger Zeit in der Brustbeinlage verbringen. Aus Abbildung 82 geht außerdem hervor, dass im Tageszeitabschnitt 12-24 Uhr der Kurvenverlauf mit 185-222 Minuten ohne deutlich erkennbare Einschnitte bleibt. Im Gegensatz dazu verringert sich die Liegezeit im Tageszeitabschnitt 0-12 Uhr am Tag des oestrus klar. Das Niveau liegt pro oestrus zu dieser Tageszeit zwischen 335 und 368 Minuten bzw. 5,6-6,1 Stunden. Am Tag des oestrus wurden durchschnittlich 267 Minuten ermittelt, was einer Absenkung um 20,2-27,4% entspricht. Post oestrus steigt die Liegezeit auf die Werte der Tage pro oestrus.

Die Standardabweichung bewegt sich bei beiden Tageszeitabschnitten zwischen 11,2 und 51,0%, wobei die Streuung im Tageszeitabschnitt 0-12 Uhr tendenziell geringer ist.

7.2.6 Mittelwertvergleich der Brustbeinlage zwischen brunstunbeeinflusster (bub) und brunstbeeinflusster (bb) Zeit

Für die Brustbeinlage wurden zwischen brunstunbeeinflusster- und brunstbeeinflusster Zeit in keinem Tageszeitabschnitt signifikante Unterschiede berechnet. Es ist aber eine Tendenz zu einer geringeren Liegezeit im brunstbeeinflussten Zeitraum erkennbar. Dieser Aspekt trifft auf 11 von 12 Tageszeitabschnitte zu.

7.2.7 Einzeltieranalyse der Brustbeinlage mit der Lowessfunktion

Auch für die Auswertung der Brustbeinlage im brunstnahen Zeitraum werden die Vorgaben aus dem geburtsnahen Zeitraum übernommen. Die erstellten Trendverläufe vermitteln zunächst die Information, dass eine einheitliche Beurteilung kaum möglich ist, da sich die Kurven in ihrer Ausprägung sehr voneinander unterscheiden. In diesem Ausmaß ist dies bei der Schrittaktivität nicht der Fall. Das Hauptkriterium zur Beurteilung ist der Rückgang der Brustbeinlage, wenn sich die Kuh in der Hauptbrunst befindet. Dass dies auch durch die Anwendung der Lowessfunktion festgestellt werden kann zeigt Abbildung 83. Bei diesem Tier kommt es zu einem sehr deutlichen Einschnitt in der Liegezeit, besonders über die Nachtstunden vom Tag 1pro zum Tag des oestrus.

Über den gesamten Messzeitraum hinweg ist es einmalig, dass die Liegezeit hier um 0 Uhr den Mittelwert weit unterschreitet. Einschnitte, im Zusammenhang mit dem Tag des oestrus, sind ebenfalls bei den Tieren 18 210704, 34 230704, 54 170704, 55 260704 und ansatzweise bei 333 160704 erkennbar. Die Ausprägung der einzelnen Kurven und die Rückläufigkeit der Brustbeinlage im Bereich des oestrus ist dabei verschieden.

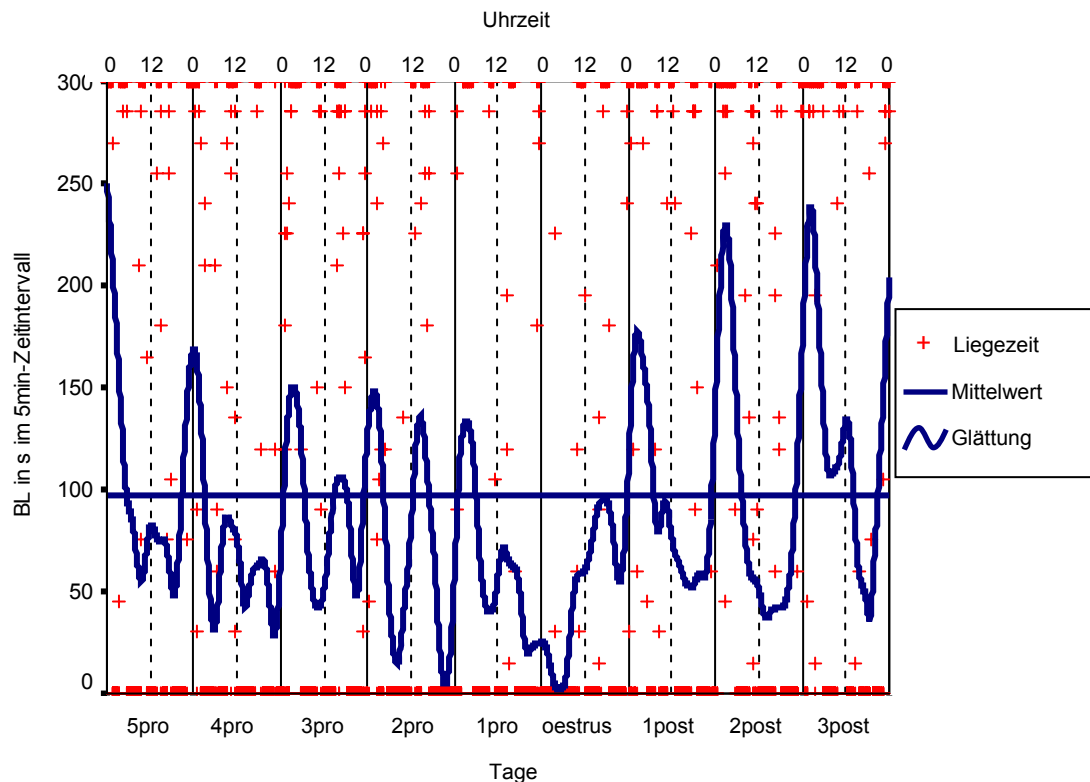


Abbildung 83: Brustbeinlage - Scatterplot der Kuh 111 220702 mit 5%iger Glättung

Bei insgesamt 4 Tieren ist zum Zeitpunkt des oestrus kein Rückgang der Brustbeinlage ermittelt worden. Stellvertretend dafür ist der Kurvenverlauf von Kuh 13 120704 in Abbildung 84. Hier ist keine Auswirkung der Brunst auf die Brustbeinlage zu erkennen. Das gilt ebenso für die Mutterkühe 18 100804 und 43 250704. Der Kurvenverlauf von Kuh 222 100704 ist im Vergleich zu denen der anderen Tiere sehr ungewöhnlich. Die Streuung der einzelnen Werte gibt bereits einen Hinweis darauf, dass die Kuh im Messzeitraum kaum Zeit in der Brustbeinlage verbracht hat. Als Folge davon errechnet die Lowessfunktion bis auf 3 kurze Zeitabschnitte (4pro, 1pro/oestrus, 2post/ 3post) Nullwerte.

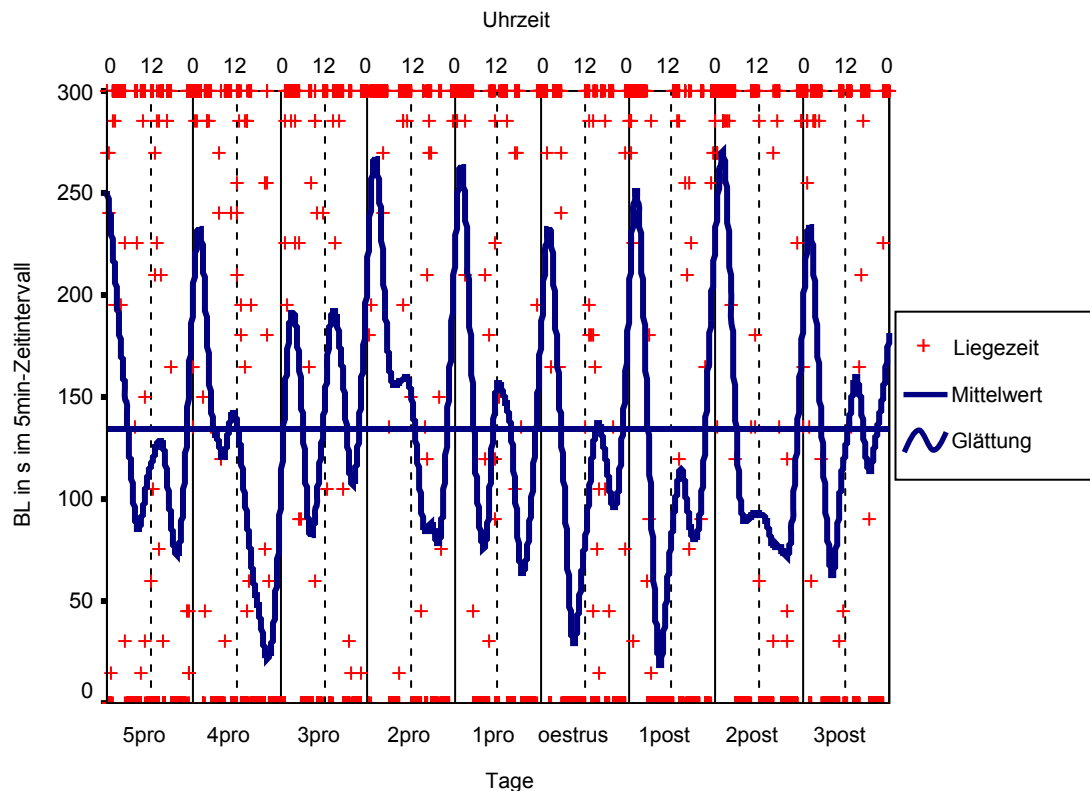


Abbildung 84: Brustbeinlage - Scatterplot der Kuh 13 120702 mit 5%iger Glättung

7.2.8 Einzeltieranalyse der Brustbeinlage mit der Fourieranalyse

Aus den Ergebnissen des geburtsnahen Zeitraumes ist bekannt, dass für die Brustbeinlage ein periodisches Verhalten vorliegt. Diese Tatsache ist bei der Ermittlung der LKG im brunstnahen Zeitraum ebenfalls nachvollziehbar. Die mittleren LKG (Abbildung 85), liegen ähnlich dem geburtsnahen Zeitraum, deutlich unter dem Niveau der Schrittaktivität. In den oestrus unbeeinflussten Zeitabschnitten bewegen sich die LKG zwischen 59,5-68,5%. Die Minima werden in den oestrus beeinflussten Zeitabschnitten mit 56,3% und 57,5% erreicht. Von einer klaren Absenkung der LKG kann anhand der Zahlen aber nicht gesprochen werden.

Die Standardabweichung von 15,0-21,5% ist in der Tendenz etwas höher als die der Schrittaktivität.

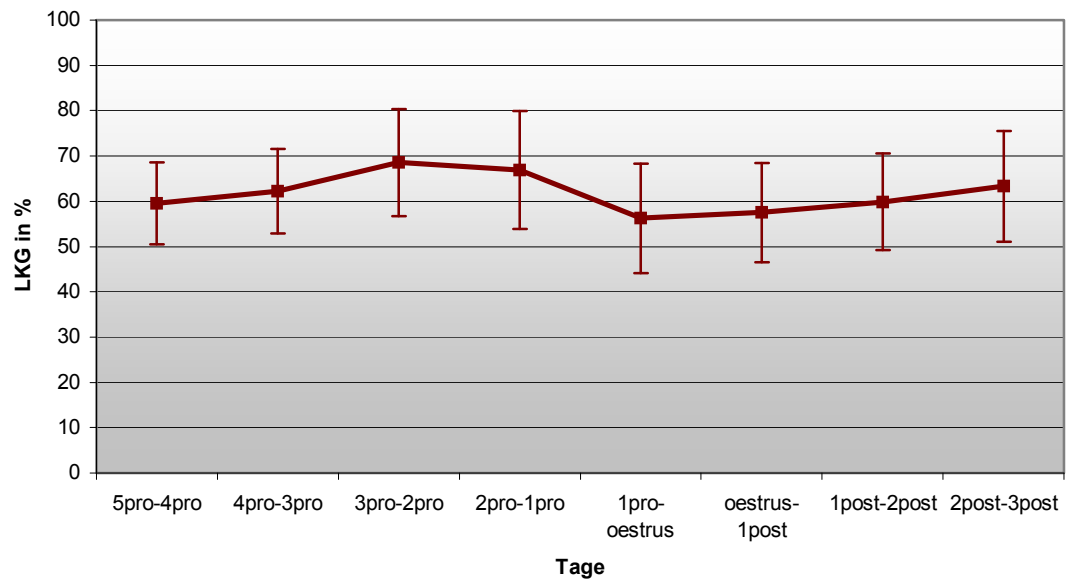


Abbildung 85: Brustbeinlage - LKG im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 5pro-3post oestrus

Die Ergebnisse zur Einzeltierauswertung der LKG bezüglich der Brustbeinlage befinden sich in den Abbildungen 86-87. Insgesamt konnte bei 5 von 10 Mutterkühen ein tendenziell absinkender LKG in mindestens einem der oestrus beeinflussten Zeitabschnitte festgestellt werden (Abbildung 86). Auffällig erscheint, dass das Niveau und der Verlauf der LKG einzelner Tiere individuell sehr unterschiedlich ist. So weist z. B. das Tier 111 220704 vor dem oestrus gleichmäßige LKG - Werte zwischen 57,2% und 64,7% auf. Im Zeitabschnitt 1pro-oestrus sinkt der LKG auf ein Minimum von 45,4% und steigt in den folgenden Zeitabschnitten kontinuierlich auf 76,0% an. Kuh 222 100704 zeigt bis zum Zeitabschnitt oestrus-1post einen gleichgelagerten Verlauf, doch ist das Niveau des LKG durchgängig weitaus höher. In den Zeitabschnitten 4pro-3pro bis 2pro-1pro halten sich die LKG zwischen 80,6-83,5%. Danach kommt es zu einer Verringerung auf 68,2%. Im Zeitabschnitt oestrus-1post steigt der LKG wieder an, sinkt aber in den letzten beiden Zeitabschnitten untypisch auf unter 60%.

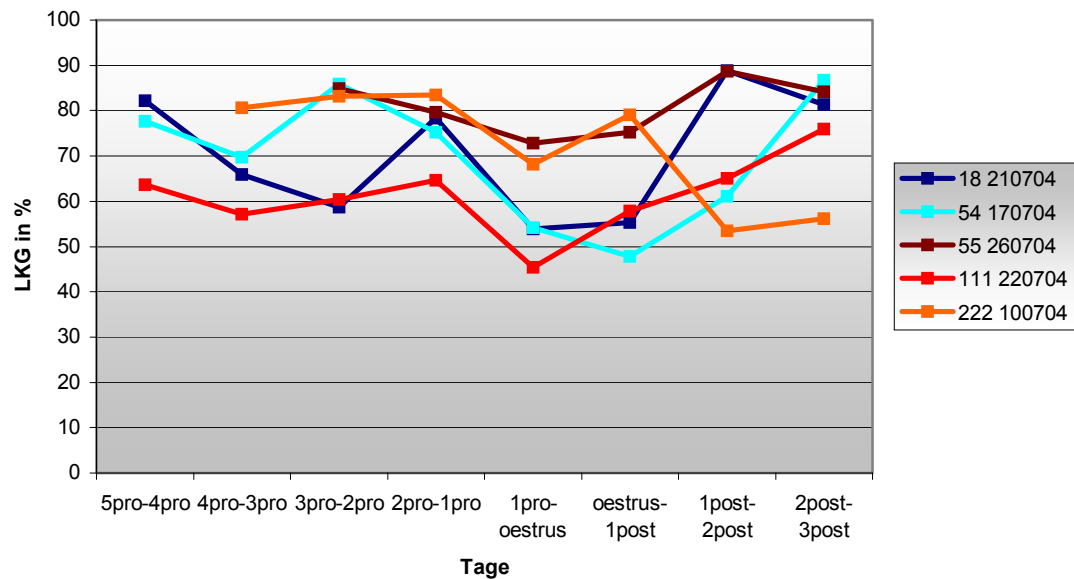


Abbildung 86: Brustbeinlage - Mutterkühe mit einem tendenziell absinkenden LKG in den Zeitabschnitten 1pro-oestrus und oestrus-1post

Die übrigen 50% der Mutterkühe (Abbildung 87) zeigen keinen Verlauf, der auf eine Störung der Periodik in der Brustbeinlage durch Eintritt der Brunst schließen lässt. Auffällig ist der sehr niedrige LKG mit 44,8% von Kuh 34 230704 im Zeitabschnitt 2pro-1pro. Dieser Einschnitt trat bereits beim LKG der Schrittaktivität auf.

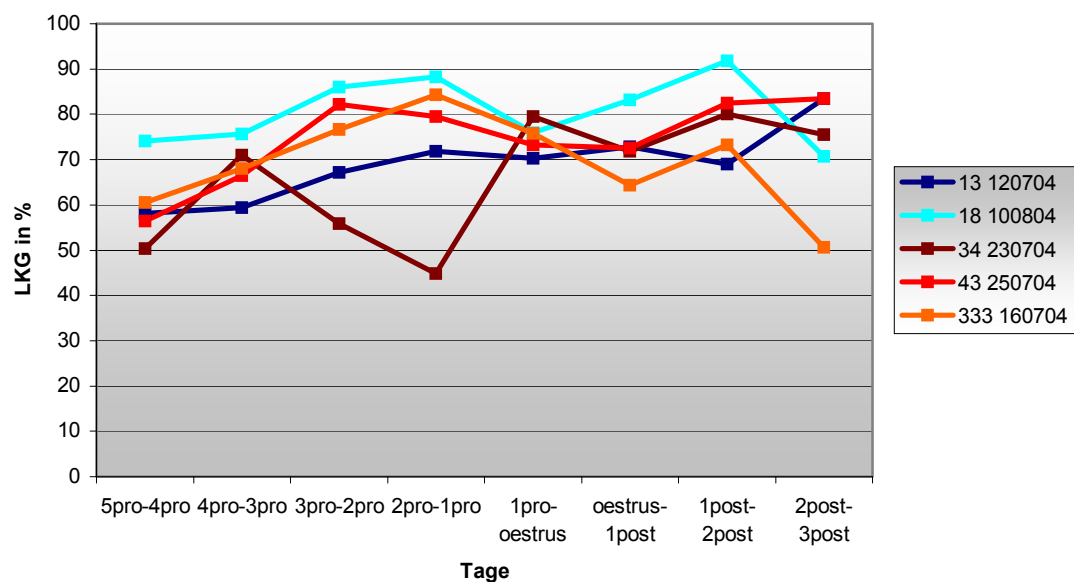


Abbildung 87: Brustbeinlage - Mutterkühe ohne tendenziell absinkenden LKG in den Zeitabschnitten 1pro-oestrus und oestrus-1post

Der Verlauf der Harmonischen Anteile ist im Gruppenmittel ähnlich den LKG in der Brustbeinlage. Anders als bei der Schrittaktivität befinden sich LKG und Harmonische Anteile im Gruppenmittel auf ungefähr einem Niveau. Die durchschnittlichen Harmonischen Anteile aller Zeitabschnitte bewegen sich zwischen 58,2% und 67,3%, wobei das Minimum im Zeitabschnitt 5pro-4pro auftritt. Anhand der vorliegenden Mittelwerte ist keine eindeutig abfallende Tendenz in den oestrus beeinflussten Zeitabschnitten erkennbar.

Die Standardabweichung der Harmonischen Anteile beträgt 15,6- 24,4%.

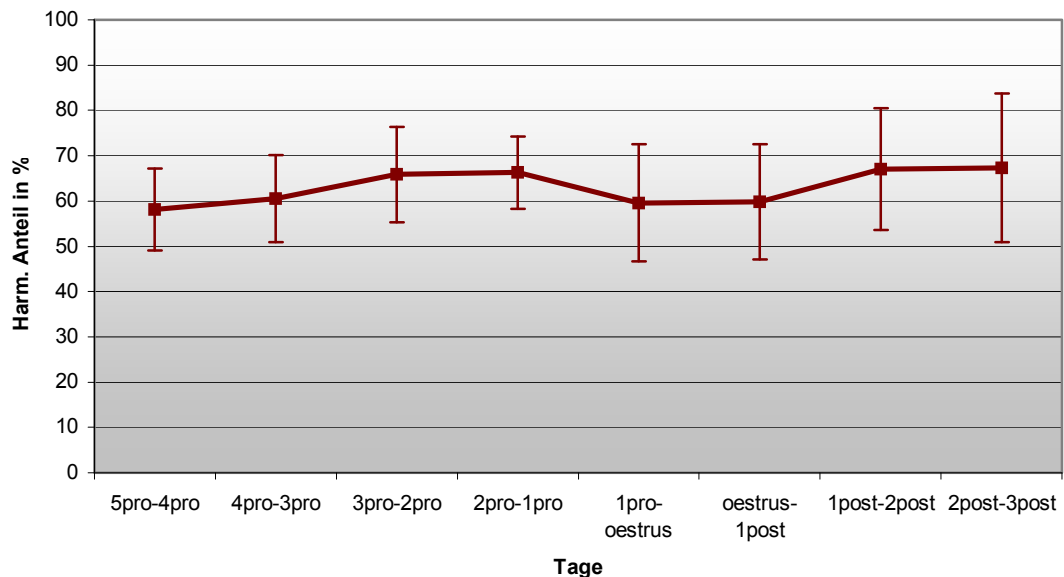


Abbildung 88: Brustbeinlage – Harmonischer Anteil im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 5pro-3post oestrus

Die Einzeltieranalyse der Harmonischen Anteile ergibt eine große Übereinstimmung zu den LKG. Die Tiere mit einer absinkenden Tendenz im LKG haben ebenfalls eine fallende Tendenz in den Harmonischen Anteilen bezüglich der oestrus beeinflussten Zeitabschnitte. Auch die Kurvenverläufe zeigen starke Ähnlichkeiten (Abbildung 89). Der Unterschied besteht hauptsächlich in den geringeren Werten der Harmonischen Anteile gegenüber den LKG. Zum Vergleich weist z.B. das Tier 111 220704 vor dem oestrus LKG - Werte zwischen 57,2 und 64,7% auf. Die Harmonischen Anteile dieses Tieres im selben Zeitraum betragen 46,9-53,5%. Im Zeitabschnitt 1pro-oestrus sinkt der LKG auf ein Minimum von 45,4%, während der Harmonische Anteil bei 37,8% liegt. Der darauffolgende Anstieg der Harmonischen Anteile ist verglichen mit den LKG kontinuierlich, erreicht im letzten Zeitabschnitt aber nur 68,9%. Analog gestalten sich die Kurvenverläufe der anderen Mutterkühe.

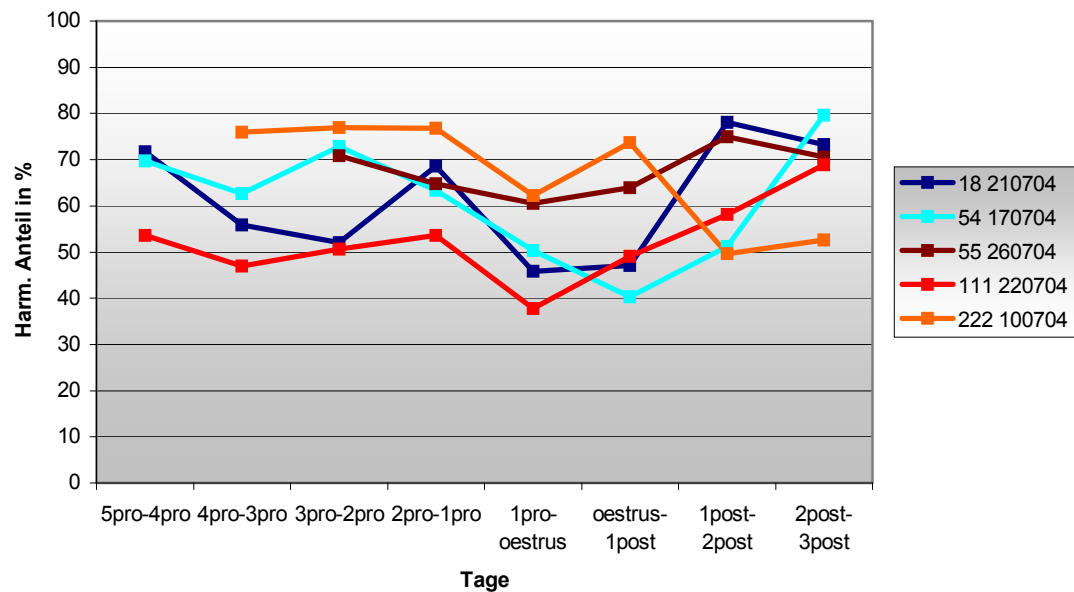


Abbildung 89: Brustbeinlage - Mutterkühe mit einem tendenziell absinkenden Harmonischen Anteil in den Zeitabschnitten 1pro-oestrus und oestrus-1post

In Abbildung 90 sind die Mutterkühe ohne sinkende Tendenz in den Harmonischen Anteilen der Brustbeinlage, in den Zeitabschnitten 1pro-oestrus und oestrus-1post, zusammengefasst. Erwartungsgemäß handelt es sich um die Tiere, die in den gleichen Zeitabschnitten keine degressive Tendenz der LKG aufwiesen. Hier zeigen sich ebenso fast identische Kurvenverläufe.

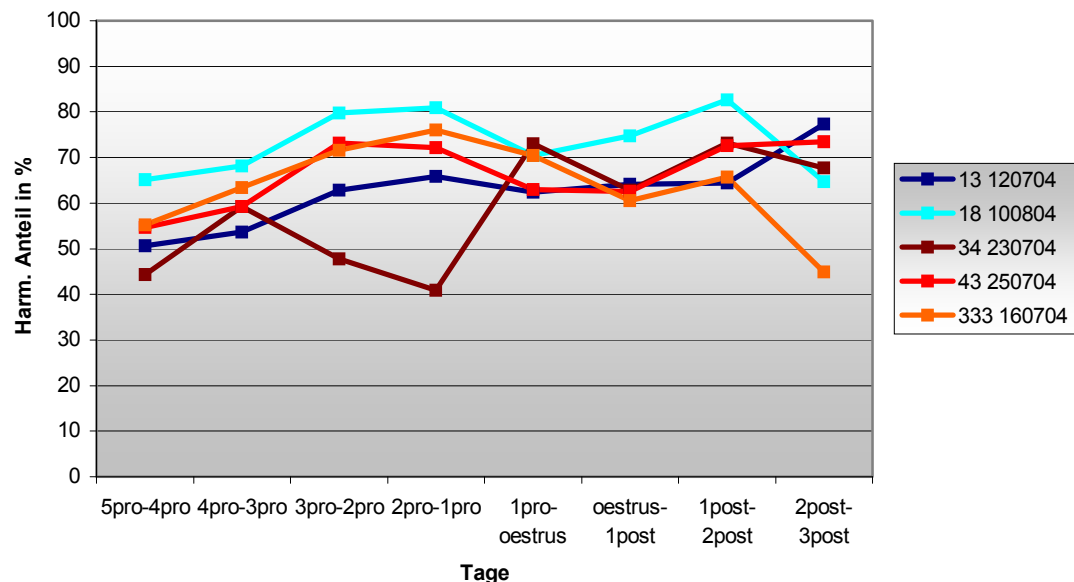


Abbildung 90: Brustbeinlage - Mutterkühe ohne tendenziell absinkenden Harmonischen Anteil in den Zeitabschnitten 1pro-oestrus und oestrus-1post

7.2.9 Seitenlage im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 5pro-3post oestrus

Der Anteil der Seitenlage an der Gesamtlichezeit ist auch im brunstnahen Zeitraum äußerst gering. Die Seitenlage hat mit 6-24 Minuten in 24 Stunden einen Anteil an der Gesamtlichezeit von 1,3-4,0%. Das absolute Minimum von 6 Minuten wurde am Tag des oestrus ermittelt.

In Abbildung 91 sind die 4-Stunden Tageszeitabschnitte dargestellt. Aus der Grafik geht hervor, dass über den gesamten Untersuchungszeitraum innerhalb von 4 Stunden durchschnittlich nicht mehr als 10 Minuten in der Seitenlage verbracht wurden. Die höchsten Werte wurden zwischen 0-4 Uhr erreicht, während von 20-24 Uhr kaum Seitenlage gemessen wurde.

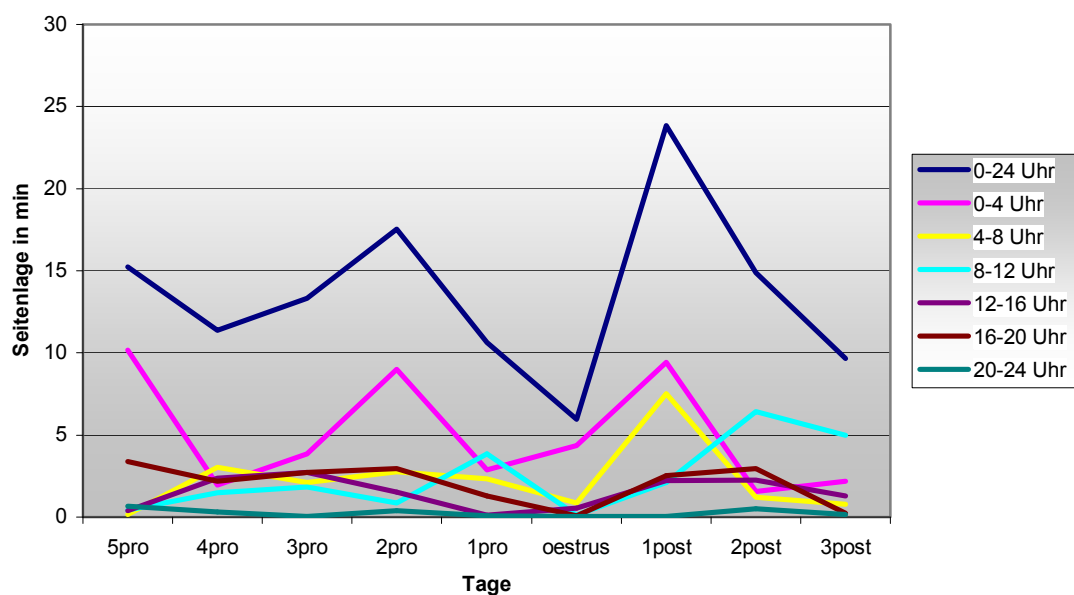


Abbildung 91: Gruppenmittel der Seitenlage von 10 Brunstereignissen – Anteile der 4-Stunden Tageszeitabschnitte

Bei Betrachtung der 8-Stunden Tageszeitabschnitte in Abbildung 92 wird deutlich, dass der Anteil des Tageszeitabschnittes 0-8 Uhr, mit Ausnahme der Tage 2 und 3 post oestrus, am höchsten ist. Vor der Hauptbrunst wurde in dieser Zeit ein Anteil von 44-68%, bezogen auf die gesamte täglichen Seitenlage, festgestellt. Am Tag des oestrus lag dieser sogar bei 87,8%. Eine Tendenz kann dem Kurvenverlauf des Tageszeitabschnittes 0-8 Uhr aber nicht entnommen werden.

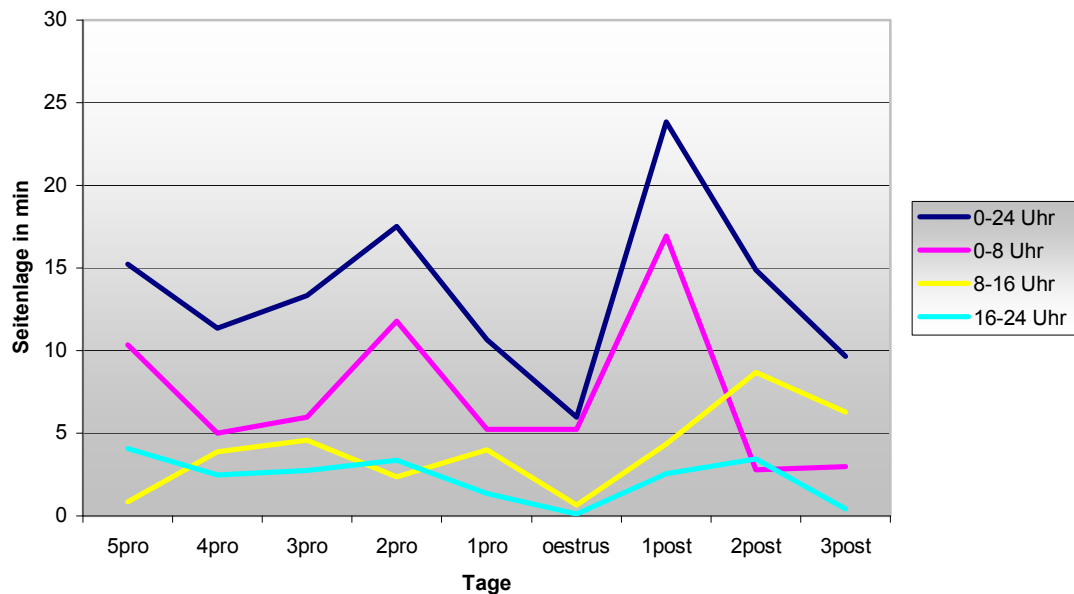


Abbildung 92: Gruppenmittel der Seitenlage von 10 Brunstereignissen – Anteile der 8-Stunden Tageszeitabschnitte

In den übrigen Tageszeitabschnitten 8-16 Uhr und 16-24 Uhr ist die Seitenlage deutlich geringer ausgeprägt und bleibt bis zum Tag des oestrus unter 5 Minuten. Das Minimum beider Tageszeitabschnitte tritt am Tag des oestrus auf. Besonders zwischen 16-24 Uhr ist dadurch eine leicht sinkende Tendenz zur Hauptbrunst hin erkennbar.

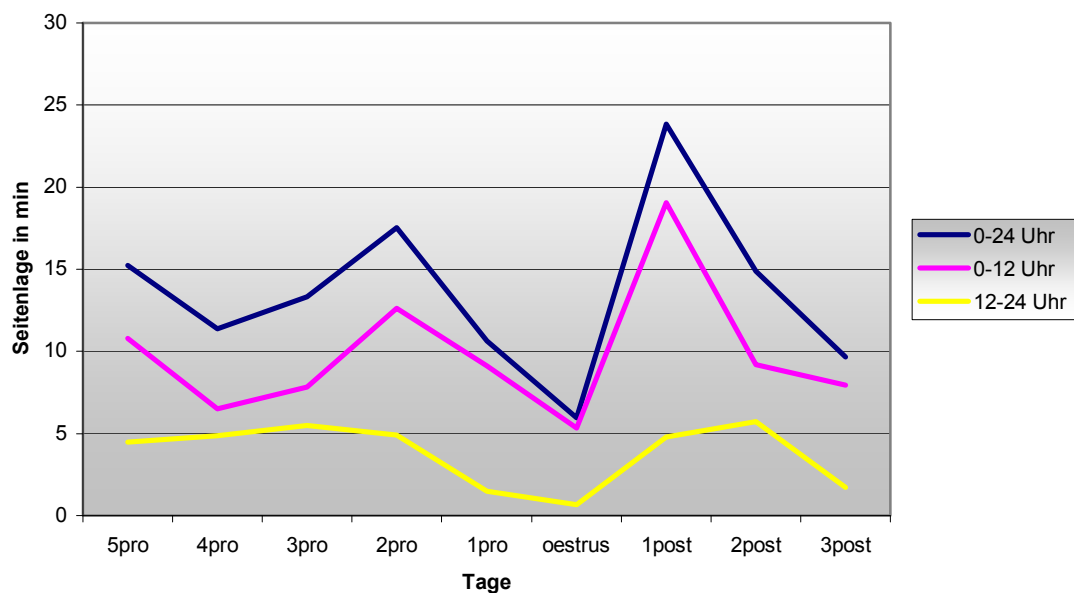


Abbildung 93: Gruppenmittel der Seitenlage von 10 Brunstereignissen – Anteile der 12-Stunden Tageszeitabschnitte

Die Aufteilung in die beiden Tageszeitintervalle 0-12 Uhr und 12-24 Uhr zeigt erwartungsgemäß eine sichtbar höhere Seitenlage in der ersten Tageshälfte (Abbildung 93). Gegenüber der zweiten Tageshälfte sind die Schwankungen zwischen 0-12 Uhr weitaus größer. Zudem differiert die Seitenlage im gesamten Untersuchungszeitraum zwischen 5,3-19,1 Minuten. Dabei wird das Minimum zur Hauptbrunst erreicht. Für den Tageszeitabschnitt 12-24 Uhr ist das Minimum des Untersuchungszeitraumes ebenfalls für Tag des oestrus ermittelt worden. Die Schwankungen sind, verglichen mit ersten Tageshälfte in dieser Zeit, insgesamt nicht so stark und bewegen sich zwischen 0,7 und 5,7 Minuten. Der gleichmäßigere Verlauf der Kurve besonders vor der Brunst, lässt die fallende Tendenz an den Tagen 1 pro oestrus und oestrus besonders deutlich erscheinen.

Die Standardabweichung der Seitenlage beträgt bis auf wenige Ausnahmen in allen Tageszeitabschnitten über 100% vom Mittelwert und liegt in einem Fall über 400%.

7.2.10 Mittelwertvergleich der Seitenlage zwischen brunstunbeeinflusster (bub) und brunstbeeinflusster (bb) Zeit

Beim Vergleich der brunstunbeeinflussten mit der brunstbeeinflussten Zeit konnte bezüglich der Seitenlage in keinem Tageszeitabschnitt ein signifikanter Unterschied ermittelt werden. Zudem war auch keine Tendenz zu einer geringeren Liegezeit in Seitenlage im brunstbeeinflussten Zeitraum feststellbar.

7.2.11 Einzeltieranalyse der Seitenlage mit der Fourieranalyse

Die Auswertung der Seitenlage im Gruppenmittel zeigte bereits, dass die Seitenlage ähnlich wie im geburtsnahen Zeitraum auch im brunstnahen Zeitraum einen äußerst geringen Anteil hat. Zudem streuen die Werte sehr stark.

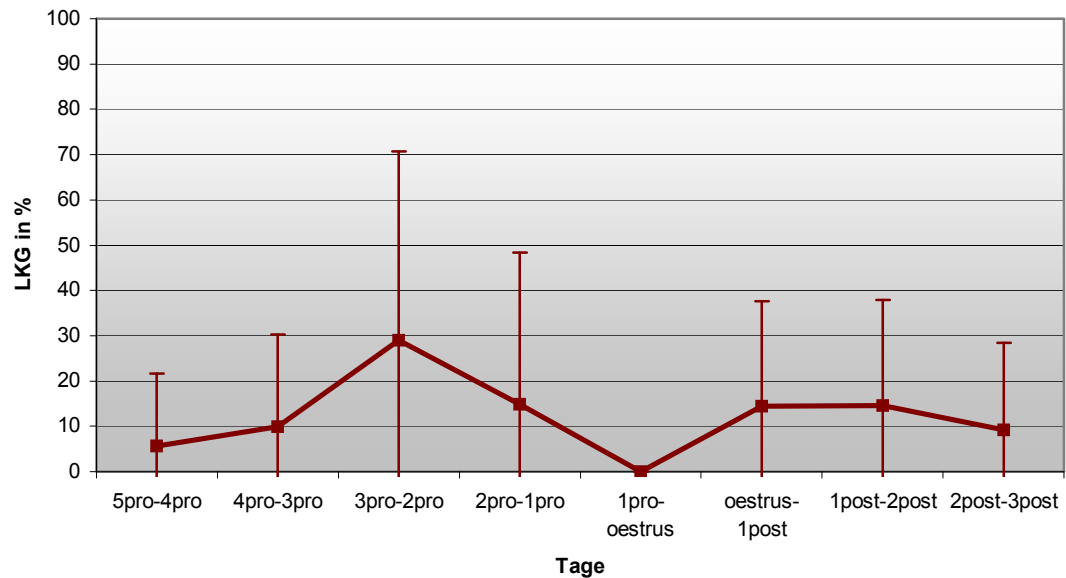


Abbildung 94: Seitenlage - LKG im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 5pro-3post oestrus

Die Ergebnisse der Fourieranalyse im brunstnahen Zeitraum lassen auf keinen vorhanden Rhythmus im Tagesverlauf schließen. Der LKG im Gruppenmittel bewegt sich im Verlauf der Zeitabschnitte zwischen 0,0 und 29,0% (Abbildung 94). Diese ausgesprochen geringen Werte resultieren daraus, dass ein LKG für die Einzeltiere nicht in jedem Zeitabschnitt berechnet werden konnte. 4 der 10 Tiere wiesen zu keinem Zeitabschnitt einen LKG auf. Ebenso wurde für den Zeitabschnitt 1pro-oestrus bei keinem Tier ein LKG ermittelt.

Die Verteilung der Harmonischen Anteile orientiert sich automatisch an den LKG. Erwartungsgemäß sind die Durchschnittswerte der Harmonischen Anteile geringer und liegen zwischen 0,0 und 7,7%.

Die Standardabweichungen, sowohl der LKG als auch der Harmonischen Anteile, überschreiten in jedem Zeitabschnitt den Mittelwert, außer im Zeitabschnitt 1pro-oestrus. Hier entfällt s^2 , weil bei keinem Tier ein LKG und Harmonischer Anteil ermittelt wurde.

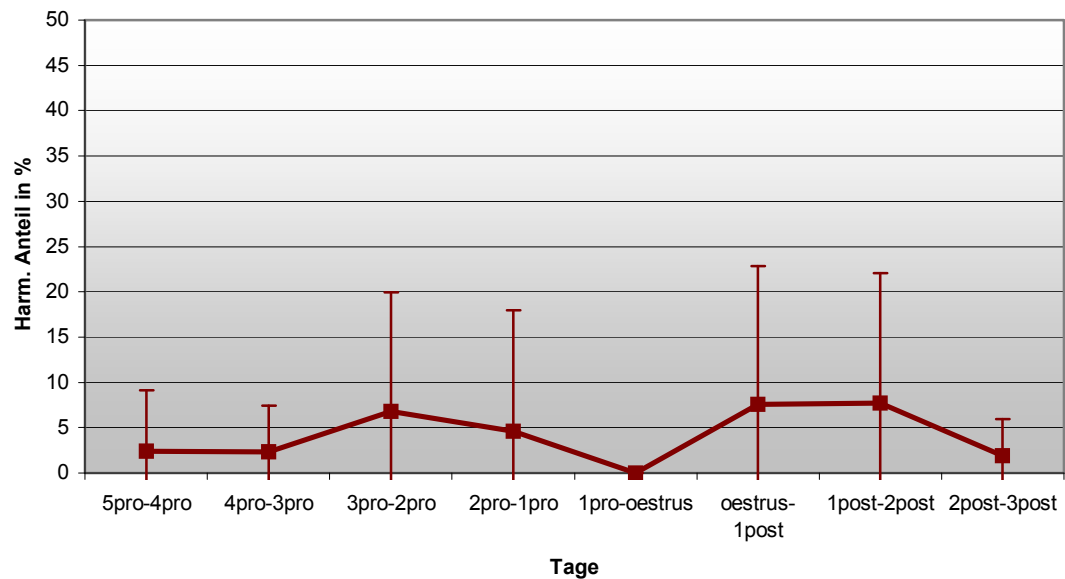


Abbildung 95: Seitenlage – Harmonischer Anteil im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 5pro-3post oestrus

Insgesamt bestätigen die fourieranalysierten Daten der Seitenlage die Ergebnisse aus dem geburtsnahen Zeitraum. Es kann allgemein kein Rhythmus bzw. keine Periodik in der Seitenlage nachgewiesen werden. Demnach ist ein störender Einfluss der Brunst auf die Periodik ebenfalls nicht nachweisbar.

7.2.12 Beziehungen zwischen den Variablen des Parameters Bewegungsaktivität im brunstnahen Zeitraum

Tabelle 56 beinhaltet die Korrelationskoeffizienten zwischen den Variablen der Bewegungsaktivität im brunstunbeeinflussten und brunstbeeinflussten Zeitraum. Die Verknüpfung von Schrittaktivität und Brustbeinlage zeigt bis auf eine Ausnahme (0-24 Uhr bub) durchgängig negative Korrelationskoeffizienten. Tendenziell steigen die Koeffizienten je kleiner die Tageszeitabschnitte werden. So sind die Werte in den 4-Stunden Tageszeitabschnitten auch fast ausnahmslos signifikant. Statistisch hoch signifikant sind die Koeffizienten der Tageszeitabschnitte 0-4 Uhr, 8-12 Uhr, 12-16 Uhr und 16-20 Uhr sowohl im brunstunbeeinflussten als auch im brunstbeeinflussten Zeitraum. Diese Werte weisen auf einen engen negativen Zusammenhang zwischen Schrittaktivität und Brustbeinlage hin. Ein Unterschied zwischen brunstunbeeinflusstem und brunstbeeinflusstem Zeitraum ist nicht vorhanden.

Tabelle 56: Korrelationskoeffizienten zwischen Schrittzahl, Brustbeinlage und Seitenlage im brunstunbeeinflussten- (bub) und brunstbeeinflussten (bb) Zeitraum

Tageszeit	ST-BL bub	ST-BL bb	ST-SL bub	ST-SL bb	SL-BL bub	SL-BL bb
0-24 Uhr	0,08	-0,30	0,26*	-0,16	0,31*	0,54**
0-12 Uhr	-0,37**	-0,46*	0,14	-0,32	0,22	0,40*
12-24 Uhr	-0,07	-0,04	0,23	0,13	0,27*	0,12
0-8 Uhr	-0,16	-0,37*	0,30*	-0,26	0,12	0,19
8-16 Uhr	-0,40**	-0,57***	0,02	-0,05	0,27*	0,39*
16-24 Uhr	-0,10	-0,22	-0,02	0,22	0,23	0,14
0-4 Uhr	-0,70***	-0,77***	-0,20	-0,18	0,29*	0,12
4-8 Uhr	-0,30*	-0,27	0,11	-0,19	-0,10	0,12
8-12 Uhr	-0,82***	-0,69***	-0,20	-0,36*	0,28*	0,52**
12-16 Uhr	-0,53***	-0,58***	-0,03	-0,02	0,29*	0,33
16-20 Uhr	-0,57***	-0,69***	-0,32*	-0,33	0,42***	0,44*
20-24 Uhr	-0,36**	-0,37*	0,00	0,08	0,31*	0,25

Die Betrachtung der berechneten Korrelationskoeffizienten zwischen Schritttaktivität und Seitenlage ergibt ein differenziertes Bild. Sowohl im brunstunbeeinflussten als auch im brunstbeeinflussten Zeitraum wechseln die Werte, über die Tageszeitabschnitte hinweg, vom negativen in den positiven Bereich und umgekehrt. Die Spannweite aller Koeffizienten liegt zwischen -0,36 bis 0,30. Die auftretenden Signifikanzen sind gering und treten bei positiven und negativen Koeffizienten auf. Einen eindeutigen Zusammenhang zwischen Schritttaktivität und Seitenlage ist nicht nachvollziehbar.

Bis auf den Tageszeitabschnitt 4-8 Uhr, brunstunbeeinflusst, wurden für die Seitenlage und Brustbeinlage positive Korrelationskoeffizienten berechnet. Die Korrelationen in den Tageszeitabschnitten 0-24 Uhr, 8-16 Uhr, 8-12 Uhr und 16- 20 Uhr waren brunstunbeeinflusst und brunstbeeinflusst signifikant, aber nicht immer auf gleichem Niveau. Grundsätzlich lässt sich ein positiver Zusammenhang erkennen. Demzufolge nimmt die Seitenlage mit der Brustbeinlage zu. Dennoch ist ein enger Zusammenhang nicht nachzuweisen.

7.3 Diskussion zum Parameter Bewegungsaktivität im brunstnahen Zeitraum

Die Bewegungsaktivität von Rindern im brunstnahen Zeitraum ist bereits seit mehreren Jahren Gegenstand wissenschaftlicher Studien. Es handelt sich dabei hauptsächlich um Untersuchungen in der Milchviehhaltung, da die rechtzeitige Brunsterkennung unerlässliche Voraussetzung zur erfolgreichen Besamung ist. In der Mutterkuhhaltung übernimmt dagegen zu 95% ein Zuchtbulle die Brunsterkennung und das anschließende Decken. Inwieweit sich die Brunst auf die Bewegungsaktivität auswirkt, ist bei Mutterkühen bisher nicht untersucht, obwohl das Wissen darüber für das Herdenmanagement Vorteile mit sich bringen kann. Die Bewegungsaktivität könnte im Zusammenhang mit dem Brunstgeschehen vor allem die Bestimmung von Abkalbeterminen und das Auffinden nicht trächtiger Tiere erleichtern. Die Möglichkeit Abkalbetermine zu berechnen und die Bewegungsaktivität im geburtsnahen Zeitraum zu analysieren, würde die Überwachung auf einzelne Tiere fokussierbar machen. Ebenso ist die Erkennung nicht trächtiger Mutterkühe, z. B. mit Fruchtbarkeitsproblemen, ein Entscheidungskriterium im Herdenmanagement.

7.3.1 Schritttaktivität

Die Messung von Verhaltensänderungen für die Brunsterkennung von Rindern zu nutzen, wird inzwischen viel praktiziert. In diesem Zusammenhang ist vor allem die Schritttaktivität von brünstigen Milchkühen sehr gut untersucht. Bei der gedanklichen Gegenüberstellung von Mutterkuh- und Milchviehhaltung gelangt man schnell zur Überlegung, dass die Schritttaktivität von Rindern aus der Mutterkuhhaltung weit über dem Niveau der Milchkühe liegen müsste. Aus den Literaturangaben ist eine allgemeine Aussage, zum Aktivitätsniveau von Milchrindern, nicht zu erhalten. Nach BREHME ET AL. (2004) lässt sich aber die Anzahl der täglich registrierten Schrittpulse bei einer Milchkuh auf durchschnittlich 6.000-7.000 schätzen. Den eigenen Untersuchungen zufolge liegt die durchschnittliche Schritttaktivität der Mutterkühe zwischen 10.400-11.200 Schrittpulsen. Da Milchrinder vorwiegend im Stall gehalten werden und sie ihr Futter schnell und ohne Zurücklegung von Distanzen erreichen, ist eine geringere Schritttaktivität erklärbar. Dagegen verwenden Mutterkühe mehr Zeit zur Futteraufnahme und überbrücken beim Grasen, je nach Futterqualität, längere Distanzen, woraus letztlich die höhere Anzahl gezählter Schrittpulse resultieren kann. Bleibt der Tag der Hauptbrunst vorerst unberücksichtigt, verteilt sich die Schritttaktivität des gesamten Tages im Durchschnitt zu ca. 40% auf die erste und zu 60% auf die zweite Tageshälfte. Damit lassen sich die Werte aus dem geburtsnahen Zeitraum bestätigt. Verkleinert man die Tageszeitabschnitte auf 8 Stunden, ist die Schritttaktivität zwischen 8-16 Uhr und 16-24 Uhr ungefähr gleich, so dass die geringste Aktivität auf die Zeit 0-8 Uhr entfällt. Die mit Abstand geringste Schritttaktivität ist zwischen 0-4 Uhr zu verzeichnen.

Insgesamt entspricht das den Erwartungen, die sich aus dem geburtsnahen Zeitraum ergeben haben. Bei der Betrachtung der Schrittaktivität im Zeitraum der Brunst, definiert mit 1pro-1post oestrus, fällt zunächst auf, dass die Erhöhung sich im Gruppenmittel klar herauskristallisiert, sich aber auf den Tag des oestrus beschränkt. Sowohl am Tag 1pro als auch am Tag 1post oestrus entspricht die Schrittaktivität absolut dem Niveau der anderen Messtage. Der Anstieg am Tag der Hauptbrunst hebt sich sehr deutlich ab und umfasst innerhalb von 24 Stunden rund 14.300 Schritte. Insgesamt entspricht das einer Steigerung von 27-37%. Im Vergleich zu den Werten aus der Milchviehhaltung ist das als unterdurchschnittlich zu bewerten. Hier wird eine Aktivitätssteigerung von mindestens 100% (Schwellenwert) befürwortet, um eine Brunst als solche zu identifizieren (WANGLER, REHBOCK 2000; WANGLER, WOLF 2000; JUNGE, KRIETER, FIRK 2001). Dieser Wert wird von Milchkühen auch häufig überschritten. Der Test von verschiedenen Schwellenwerten setzte bei KRIETER ET AL. (2003) erst bei 60% ein, was die Sensitivität auf 90,8% erhöhte, aber auch die Fehlerrate auf 36,8% steigen ließ. Die Steigerung der Aktivität ist auf den Tag verteilt unterschiedlich ausgeprägt. Je nach Tageszeit ist die Erhöhung der Schrittaktivität deutlicher, je kleiner das gewählte Zeitintervall ist. Die besten Werte in der vorliegenden Untersuchung wurden im Tageszeitabschnitt 0-4 Uhr erreicht. Der Anstieg umfasste 104-385% im Gruppemittel. Bei allen weiteren Tageszeitabschnitten wurden die 100% nicht erreicht. Damit bestätigt sich nochmals die Argumentation einer besseren Erkennung von Unruheanzeichen in den Nachtstunden. BREHME ET AL. (2004) erzielten ebenfalls sehr gute Ergebnisse in der Zeit von 18 Uhr abends bis 6 Uhr morgens, einer Zeit in der im Stall nach Beendigung des Melkens und der Stallarbeit langsam Ruhe einkehrt ist. Die Vergleichbarkeit der Werte aus der Milchviehhaltung mit den Ergebnissen aus der Mutterkuhhaltung, bezogen auf den Zeitfaktor, ist nicht uneingeschränkt gegeben, da die Messzeiten nicht übereinstimmen. Während die Schrittaktivität in der Milchviehhaltung hauptsächlich von Melkzeit zu Melkzeit ausgelesen und in diesen Zeitabständen auch verarbeitet wurde, ist die Einteilung der Tageszeitabschnitte in der vorliegenden Arbeit unabhängig von einem Produktionsrhythmus vorgenommen worden. Untermauert wird dieser Standpunkt durch die Ergebnisse der Schrittaktivität im Tageszeitabschnitt 20-24 Uhr, da die Mutterkühe am Tag des oestrus zu dieser Zeit keine Abweichung zu den anderen Messtagen zeigten. Hier steht mit großer Sicherheit noch die Futteraufnahme im Vordergrund, zumal der Untersuchungszeitraum im Juli/August mit einer langen Tageslichtperiode auch späte Grasezeiten zur Folge hat. Überleitend beschränkt sich eine Übereinstimmung von Milchviehhaltung und Mutterkuhhaltung bezüglich der Brunsterkennung, nach den vorliegenden Ergebnissen, auf den Tageszeitabschnitt 0-4 Uhr. Dass die Erkennung der Brunst von Mutterkühen in der ersten Tageshälfte effektiv sein kann, ist anhand der berechneten Signifikanzen nachvollziehbar. Die erhöhte Schrittaktivität in der brunstbeeinflussten Zeit war in den Tageszeitabschnitten gering statistisch zu sichern. Damit treten die Auffälligkeiten besonders in der weniger aktiven Phase des Tages hervor. Gleiches wurde bereits in den Analysen zum geburtsnahen Zeitraum sichtbar. Die geringe statistische Sicherheit resultiert aus der Einbeziehung der Tage 1pro und 1post oestrus im brunstbeeinflussten Zeitraum.

An diesen Tagen kam es, im Vergleich zu den übrigen Messtagen, kaum zu einer erhöhten Schrittaktivität. Dadurch wird der Unterschied zwischen brunstunbeeinflusster und brunstbeeinflusster Zeit abgeschwächt. Da im Vorfeld der Untersuchungen nicht vorhersehbar war, wann die Brunst einsetzt und wie lange sie insgesamt andauern wird, sind die Tage 1pro und 1post oestrus grundsätzlich für alle Tiere als brunstbeeinflusst zum Ereignis dazugezählt worden. Als Einflussfaktor auf den Verlauf und die Länge der Brunst muss die Anwesenheit des Zuchtbullen im Untersuchungszeitraum mit berücksichtigt werden. Da in der Mutterkuhhaltung fast ausschließlich Zuchtbullen zur Erzeugung von Trächtigkeiten zum Einsatz kommen, wurde in den eigenen Untersuchungen nicht darauf verzichtet. Inwieweit sich die Gegenwart des Zuchtbullen auf die Entwicklung der Schrittaktivität auswirkte, kann nicht expliziert aufgeklärt werden. In der Literatur wird jedoch darauf hingewiesen, dass ein vollzogener Deckakt und dessen Wiederholung die Duldungsphase der Kuh und damit die Brunst insgesamt verkürzt. Auch nach einer künstlichen Besamung sind Brunstverkürzungen beobachtet worden, erfolgen jedoch nicht so ausgeprägt wie nach einem natürlichen Sprung (Süss, ANDREAE 1984; SAMBRAUS 1991). Während die Hochbrunst, bei Rindern ohne Zuchtbullen in der Herde, bis zu 10 Stunden dauern kann, verkürzt sich diese Zeit, bei Anwesenheit eines Bullen, bis auf 3 Stunden (SAMBRAUS 1991). Das kann ein Hauptgrund sein, warum die Schrittaktivität sofort am Tag post oestrus auf das Niveau der Tage pro oestrus fällt. Das Eintreten der Brunst kündigt sich den Durchschnittswerten nach auch nicht mit einer langsam steigenden Schrittaktivität vor dem Tag des oestrus an. Die Werte am Tag 1pro oestrus sind absolut unauffällig. Zur selben Einschätzung gelangt man ebenfalls bei Berücksichtigung der Trendanalyse der einzelnen Tiere. Bei keinem der Tiere wird ein klar identifizierbarer Peak am Tag 1pro oestrus sichtbar. Die Steigerung der Schrittaktivität am Tag des oestrus ist visuell deutlich bei 5 von 10 Mutterkühen wahrnehmbar. Ein weiteres Tier weist einen leichten Peak auf, ein anderes zeigt am Tag 4pro oestrus eine brunsttypische Erhöhung der gezählten Schritimpulse, während am Tag des oestrus nichts zu erkennen ist. Daraus erschließt sich, dass der Ablauf und vor allem die Stärke der auftretenden Brunstsymptome individuell verschieden sind. PHILLIPS (2002) führt für die unterschiedliche Ausprägung der Brunst verschiedene Gründe an. Zum einen die Nutzungsrichtung und das Alter bzw. die Erfahrung von Rindern. Zum anderen wird als Hauptgrund die Anzahl von Rindern mit dem gleichen Zyklusstatus genannt. Wenn sich z. B. mehrere Kühe in der Brunst befinden, ist die Aktivität aufgrund potentieller Partner mit gleichem Interesse höher, als wenn sich nur eine Kuh innerhalb der Herde in der Brunst befindet. Die Brunstereignisse im Rahmen der eigenen Untersuchungen lagen bis auf eine Ausnahme innerhalb in einer Zeitspanne von 16 Tagen. Jedes Brunstereignis fand zwar an einem anderen Tag statt, wobei 3 Brunstereignisse an 3 Tagen unmittelbar aufeinander folgten. Anhand der Lowessfunktion ist bei jedem der aufeinanderfolgenden Tiere ein Maximum am Tag des oestrus zu erkennen, welches im Vergleich zu den anderen Messtagen aber verschieden deutlich ausgeprägt ist. Aufsprünge und weitere Interaktionen unter den Kühen wurden beobachtet, zeigten sich aber nicht bei jedem brünstigen Tier.

Zudem entstand durch die Beobachtungen der Eindruck, dass die Anwesenheit des Bullen, dicht am brünstigen Tier, die Aufsprungtätigkeit der Kühe untereinander abminderte. Beobachtete Brunstereignisse, bevor der Bulle in die Herde kam, verliefen nach eigener Einschätzung mit mehr Kontakt zwischen den Tieren und einer erhöhten gegenseitigen Aufsprungintensität.

Der Einfluss der Brunst auf die Tagesperiodik ist ebenfalls sehr differenziert zu bewerten. Als erstes fällt auf, dass die Störung durch eine Brunst im Tagesrhythmus weitaus geringer ist als bei einer Abkalbung. Diesen Schluss lassen bereits die Mittelwerte von LKG und Harmonischen Anteilen zu. Während für die durchschnittlichen LKG noch eine leicht absinkende Tendenz im Bereich der Brunst angemerkt werden kann, ist beim Gruppenmittel der Harmonischen Anteile nichts dergleichen zu erfassen. Die Einzeltieranalysen zeigten bei 4 Tieren keine nennenswerte Verringerung der LKG während der Brunst. 3 dieser Tiere waren ebenfalls bei der Lowessfunktion unauffällig. 6 Tieren kann man eine Tendenz zusprechen, doch die als Schwellenwert im geburtsnahen Zeitraum gewählten 60% werden von keinem Tier in der Brunst unterschritten. Ebenfalls 6 Tieren war eine sinkende Tendenz im Harmonischen Anteil nachzuweisen, obwohl nur 4 Tiere einen angenommenen Grenzwert von 20% unterschreiten würden. Die Mutterkühe stimmten aber nicht automatisch mit denen überein, die auch einen absinkenden LKG während der Brunst aufwiesen. Daraus lässt sich vor allem ableiten, dass je nach angewandter Auswertungsmethode für jedes Tier unterschiedliche Ergebnisse erzeugt werden. Daraus ist eindeutig eine individuelle Ausprägung der Brunst bzw. ein individuelles Brunstverhalten abzuleiten. Es ist auch anzunehmen, dass sich die Brunstereignisse eines Tieres voneinander unterscheiden. Bei Kuh 18 konnten innerhalb der Untersuchungen 2 aufeinander folgende Brunstereignisse am 21.07.04 und am 10.08.04 registriert werden. Während die erste Brunst eine erhöhte Schrittaktivität am Tag des oestrus erzeugt, war dieses Verhalten in der zweiten Brunst nicht feststellbar.

7.3.2 Brustbeinlage

Aussagen zur Brustbeinlage im brunstnahen Zeitraum sind bisher selten, da die Möglichkeit zur Erfassung vor Entwicklung der ALT-Pedometer problematisch und z. B. anhand von Videoanalyse oder Beobachtungen mit viel Zeitaufwand und Personal verbunden gewesen ist. BREHME ET AL. (2004) verweisen vor allem darauf, dass sich sogenannte „stille“ Brunstereignisse mit einer verminderten Liegezeit in Brustbeinlage eher aufdecken lassen, als über die Schrittaktivität. Diese ist bei einer „stillen“ Brunst nicht brunsttypisch erhöht sondern vielmehr auf niedrigem Niveau gehäuft anzutreffen. Aus diesen Angaben und aus den bereits gewonnenen Erkenntnissen zum geburtsnahen Zeitraum ergibt sich die Annahme, dass sich die Brunst bei Mutterkühen ebenfalls auf deren Liegezeit auswirkt.

Ohne Berücksichtigung der Hauptbrunst betrug die Liegezeit in Brustbeinlage 8,7-9,7 Stunden und umfasst damit eine geringere Zeitdauer als im geburtsnahen Zeitraum. Der Anteil an der Gesamtlichezeit unterscheidet sich mit 96,0-98,7% hingegen nicht. Am Tag des oestrus tritt, verglichen mit den übrigen Messtagen, ein Rückgang der Liegezeit um 1,2 Stunden im Minimum ein. Der deutliche Rückgang in der durchschnittlichen Liegezeit beschränkt sich, wie der Anstieg der Schrittaktivität, auf die Hauptbrunst. Die Auflösung in kleinere Tageszeitabschnitte offenbart besonders für die Zeit von 0-4 Uhr, 0-8 Uhr, 8-16 Uhr und 0-12 Uhr sichtbare Einschnitte. Außer dem Tageszeitabschnitt 8-16 Uhr, gehören diese Tageszeitabschnitte zur inaktiveren Phase der ersten Tageshälfte. Erstaunlicherweise ist der prozentual höchste Rückgang im Tageszeitabschnitt 8-16 Uhr mit durchschnittlich 31,1-37,9% erreicht worden. Die Schrittaktivität zeigt, dass es sich um eine sehr aktive Tageszeit der Rinder handelt. Trotzdem ist am Tag des oestrus eine deutliche Erhöhung in der Schrittaktivität festzustellen. Demnach werden die Ruhephasen in diesem Tageszeitabschnitt von brünstigen Kühen nur verkürzt wahrgenommen, was erwartungsgemäß mit Ergebnissen der Schrittaktivität sehr gut übereinstimmt und beweist, dass beide Variablen des Parameters Bewegungsaktivität von der Brunst beeinflusst werden können. Trotz dieser klaren Ergebnisse aus der Mittelwertberechnung gibt es, bezüglich der Brustbeinlage, keine signifikanten Unterschiede zwischen brunstunbeeinflusster und brunstbeeinflusster Zeit. Es liegt die Vermutung nahe, dass, wie bei der Schrittaktivität beschrieben, die Einbeziehung der Tage 1pro und 1 post oestrus die Werte des brunstbeeinflussten an die Werte des brunstunbeeinflussten Zeitraumes angleicht. Deshalb bleibt die Berechnung von statistisch gesicherten Unterschieden erfolglos. Daraus gewinnt man einmal mehr die Erkenntnis, dass während der Brunst eine messbare Abweichung auf wenige Stunden beschränkt ist. Dennoch ist die Brustbeinlage als Brunsthinweis geeignet, reicht aber in der Ausprägung nicht an die Ergebnisse der Schrittaktivität heran. Diese Feststellung beschränkt sich zunächst auf die ermittelten Durchschnittswerte aller 10 Brunstereignisse.

Die einzeltierbezogene Zeitreihenanalyse mit der Lowessfunktion ergab bei 6 von 10 Tieren Einschnitte im Trendverlauf, die am Tag der Hauptbrunst auftraten. Nur 3 dieser Mutterkühe hatten auch eine erhöhte Schrittaktivität, so dass die Erkennung der anderen 3 Brunstereignisse ausschließlich aus der Einbeziehung der Brustbeinlage resultieren würde. 3 Tiere zeigten keine visuell nachweisbaren Veränderungen in der Brustbeinlage, 1 Tier davon allerdings eine erhöhte Schrittaktivität. Die Brustbeinlage ist den Untersuchungen zur Folge nicht nur als ergänzende Funktion sinnvoll, falls das Ergebnis aus der Schrittaktivität nicht ganz eindeutig ist, sondern. Kann, wie BREHME ET AL. (2004) bei sogenannten „stillen“ Brunstereignissen festgestellt hat, auch als einzige Variable des Parameters Bewegungsaktivität als Hinweis auf die Brunst genutzt werden.

Analog zur Schrittaktivität lässt die Entwicklung der LKG in der Brustbeinlage keine klare Tendenz erkennen. Vergleicht man die mittleren LKG aus dem brunstunbeeinflussten Zeitraum 5pro-2pro oestrus mit dem Zeitraum 5ap-2ap, müssen zunächst geringere LKG im brunstunbeeinflussten Zeitraum festgestellt werden.

Die Verringerung auf Werte unter 60% im brunstbeeinflussten Zeitraum stimmen mit denen aus dem Abkalbungszeitraum 1ap-partus und partus-1pp ungefähr überein. Der Unterschied zwischen den Zeiträumen ist bei der Analyse des geburtsnahen Zeitraumes demnach deutlicher als im brunstnahen Zeitraum. Der Blick auf den Verlauf der LKG aller Einzeltiere offenbart allerdings große individuelle Schwankungen, die bereits vor dem Brunstereignis identifizierbar sind. Eine einheitliche Bewertung der Kurvenverläufe wird dadurch fast unmöglich. Beurteilt man den Kurvenverlauf nur in der Tendenz, ist bei 5 Tieren eine Verringerung der LKG während der Hauptbrunst nachzuvollziehen. Nimmt man die 60% als Grenzwert, wobei dessen Unterschreitung erst als Hinweis auf die Brunst gelten soll, gelangt man bei nur 3 Tieren zu einem positiven Ergebnis. Dabei ist noch nicht berücksichtigt, dass bei verschiedenen Tieren der Grenzwert bereits vorher schon unterschritten wird. Adäquate Ergebnisse bringt die Analyse der Harmonischen Anteile. Die Durchschnittswerte zeigen in ihrem Kurvenverlauf keine nennenswerte Tendenz mehr, wie es im geburtsnahen Zeitraum noch deutlich der Fall war. Die Kurvenverläufe im Einzelnen ergeben nur bei 2 Mutterkühen eine Unterschreitung des im geburtsnahen Zeitraum eingesetzten Grenzwertes von 45%. Selbst eine Steigerung auf 50% ergäbe nur eine minimale Verbesserung um ein Tier, ohne dass eine vorherige Unterschreitung des Grenzwertes miteinbezogen wurde.

Die eindeutigeren Ergebnisse aus dem geburtsnahen Zeitraum wiederholen sich für die Brunst nicht. Anhand der Untersuchungen zum Parameter Bewegungsaktivität beeinflusst die Geburt eines Kalbes das Verhalten der Mutterkuh offensichtlich stärker als eine Brunst.

7.3.3 Seitenlage

Aussagen zur Seitenlage im brunstnahen Zeitraum sind mit den gleichen Schwierigkeiten verbunden, wie sie im geburtsnahen Zeitraum angesprochen wurden. Die Hauptproblematik ergibt sich aus dem seltenen Auftreten bei ausgewachsenen Rindern. Im Messzeitraum der Analysen zur Brunst hatte die Seitenlage einen Anteil an der Gesamtliegezeit von nur 1,3-4%. Das absolute Maximum aller Messtage beträgt, innerhalb von 24 Stunden, 25 Minuten Liegezeit in der Seitenlage. Das Minimum von 6 Minuten tritt am Tag der Hauptbrunst auf. Aufgrund des geringen zeitlichen Umfanges der Seitenlage am Tag ist es sehr spekulativ, das Minimum auf das Eintreten der Hauptbrunst zurückzuführen. Zudem liegen keine signifikanten Unterschiede zwischen brunstunbeeinflusster und brunstbeeinflusster Zeit vor.

Die Verteilung der Seitenlage auf die verschiedenen Tageszeitabschnitte ist trotz des geringen Zeitumfanges, verglichen mit den Ergebnissen aus dem geburtsnahen Zeitraum, wesentlich deutlicher ausgeprägt. So entfällt an jedem Messtag der höhere Anteil auf die Zeit zwischen 0-12 Uhr und der niedrigere Anteil auf die Zeit von 12-24 Uhr. Diese Aufteilung findet sich bei der Brustbeinlage wieder und spricht dafür, dass die Seitenlage in Verbindung mit der Brustbeinlage auftritt.

Die Mutterkühe vollziehen sozusagen einen kurzzeitigen Lagewechsel in der Liegeposition, ohne die Liegezeit zu unterbrechen.

Der Verzicht auf die Anwendung der Lowessfunktion kann mit der gleichen Begründung erklärt werden, wie sie in der Diskussion zum geburtsnahen Zeitraumes angeführt wurde. Die Fourieranalyse im brunstnahen Zeitraum unterstützt die bisher geführte Argumentation bezüglich der Seitenlage. Die extrem geringen Mittelwerte verweisen auf die nur sporadisch auftretenden LKG und Harmonischen Anteile bei den Einzeltieren. Bei 4 von 10 Tieren trat ein LKG in keinem Zeitabschnitt auf und demzufolge auch kein Harmonischer Anteil. Allerdings wurde ebenfalls bei keinem Tier ein LKG oder Harmonischen Anteil am Tag der Hauptbrunst festgestellt.

Dementsprechend wird die Aussagefähigkeit der Seitenlage im brunstnahen Zeitraum als genauso gering eingeschätzt wie im geburtsnahen Zeitraum.

7.3.4 Beziehungen zwischen den Variablen des Parameters Bewegungsaktivität

Die Zusammenhänge zwischen Schrittaktivität, Seitenlage und Brustbeinlage im brunstnahen Zeitraum sollten die Ergebnisse des geburtsnahen Zeitraumes in der Basis bestätigen. Insgesamt gibt es eine Übereinstimmung, aber mit verschiedenen Ausprägungen. Die Berechnung der Korrelationskoeffizienten von Schrittaktivität und Brustbeinlage zeigen, dass ein negativer Zusammenhang existiert. Die Werte aus dem brunstnahen Zeitraum fallen dennoch bei weitem nicht so deutlich aus. Signifikanzen treten erst ab den kleinen Tageszeitabschnitten regelmäßig auf. Die Werte differieren von -0,04- -0,82 mit Ausnahme von 0,08 im Tageszeitabschnitt 0-24 Uhr. In der Tendenz wird die Beziehung enger, je kleiner der Tageszeitabschnitt ist. Ein Unterschied in den Koeffizienten zwischen brunstunbeeinflusster und brunstbeeinflusster Zeit zeichnet sich nicht klar ab. Im Ganzen verstärkt sich die Annahme aus dem geburtsnahen Zeitraum, dass die Verringerung der Schrittaktivität nicht automatisch zu einer vermehrten Liegezeit führt und umgekehrt.

Die Verbindung von Schrittaktivität und Seitenlage umfasst im brunstnahen Zeitraum sowohl positive als auch negative Korrelationen in einer Spannweite von -0,36-0,30. Dabei wurden in den kleinsten Tageszeitabschnitten gehäuft negative Werte ermittelt. Geringe Signifikanzen entfallen sowohl auf 2 positive als auch auf 2 negative Korrelationskoeffizienten, was die Interpretation bezüglich eines nachweisbaren Zusammenhanges erschwert. Anhand dieser Werte und mit dem Wissen des extrem kleinen Anteils der Seitenlage am Gesamtverhalten gilt, analog zu den Ergebnissen aus dem geburtsnahen Zeitraum die Aussage, dass ein nachvollziehbarer Zusammenhang zwischen Schrittaktivität und Seitenlage nicht bewiesen werden kann.

Zwischen Brustbeinlage und Seitenlage wurden bis auf eine Ausnahme positive Korrelationskoeffizienten berechnet. Unterschiede zwischen brunstunbeeinflusster Zeit und brunstbeeinflusster Zeit sind nicht eindeutig zu klären. In den verschiedenen Tageszeitabschnitten kommt es zu teilweise überraschend hohen Korrelationen, die gering bis hoch statistisch zu sichern waren. Das spricht, mehr als es beim geburtsnahen Zeitraum der Fall war, für einen Wechsel der Liegeposition innerhalb einer länger andauernden Liegephase. Diese Lagewechsel wurden an den Untersuchungstagen häufiger beobachtet. Entscheidend dafür scheint auch das Platzangebot zu sein. Die Mutterkühe nutzten den Raum um sich herum, wenn die Distanz zu anderen Tieren gegeben war. Auf der Weide wurde der Wechsel in die Seitenlage während einer Liegeperiode mehrfach beobachtet, während beim Liegen im Stall (hauptsächlich im Winter) wahrscheinlich die nötige Distanz zwischen den Tieren fehlt und deshalb auf die Seitenlage eher verzichtet wurde.

7.3.5 Bewertung des Parameters Bewegungsaktivität und der angewandten statistischen Analysemethoden

Trotz der sehr differenziert erscheinenden Erkenntnisse aus Mittelwertberechnung und Mittelwertvergleich sowie der Zeitreihenanalyse ist es durchaus sinnvoll, die Aussagemöglichkeiten des Parameters einer abschließenden Bewertung zu unterziehen. Denn die Brunst ist, wie die Geburt, ein individuell ablaufender Vorgang, der einzeltierbezogen, betrachtet werden sollte. Die anschließenden Ausführungen beziehen sich genauso wie im geburtsnahen Zeitraum auf die aussagefähigsten Parameter Schrittaktivität und Brustbeinlage. Auch hier wird versucht, die Aussagequalität durch die Verknüpfung der einzelnen Variablen zu verbessern. Die Gründe und Voraussetzungen dafür wurden angesprochen und beschränken sich nicht nur auf die Erkennung von Abkalbungen, da im Bereich der Brunsterkennung ein äquivalentes Ziel verfolgt wird und die Untersuchungsmethoden die Gleichen waren. Die im Anschluss vorgestellten Bewertungsmodelle sind als diskussionsergänzender Vorschlag anzusehen, die Einschätzung des Parameters Bewegungsaktivität in der Brunsterkennung bei Mutterkühen zu ermöglichen.

Die Bewertung der einzelnen Brunstereignisse erfolgt nach den gleichen Maßstäben, die für den geburtsnahen Zeitraum entwickelt wurden. Das gilt für die Vergabe der numerischen Werte und die Wahl des einbezogenen Zeitraumes. Das heißt, Berücksichtigung finden die Tage 5pro-oestrus. Der Zeitabschnitt oestrus-1post (Fourieranalyse) entfällt.

Die Bewertungskriterien für die Lowessfunktion und Fourieranalyse werden vollständig aus dem geburtsnahen Zeitraum übernommen. Die Einschätzung der Effizienz in der Brunsterkennung erfolgt für alle vorgestellten Bewertungsmodelle anhand der aus dem geburtsnahen Zeitraum bekannten Effizienzparameter.

Aus der Beurteilung der Trendverläufe von Schrittaktivität und Brustbeinlage geht aufsummiert ein Wert für den Zeitraum 5pro-2pro oestrus und ein Wert für die Zeitraum 1pro-oestrus hervor. Der Grenzwert für beide Zeiträume wird auf 1,5 festgelegt. Erreichen die errechneten Werte den Grenzwert oder gehen darüber hinaus, gilt das Ereignis Brunst als erkannt. Wird der Grenzwert nicht erreicht, gilt die Brunst als nicht erkannt.

Tabelle 57: Bewertung der Trendverläufe (Lowessfunktion) mit Hilfe der festgelegten numerischen Werte

LOWESS	Schrittaktivität		Brustbeinlage		Ergebnis Summe	
Kuh	5pro-2pro	1pro-oestrus	5pro-2pro	1pro-oestrus	5pro-2pro	1pro-oestrus
13 120704	0	1	0	0	0	1
18 210704	0	1	0	0,5	0	1,5
18 100804	1	0	0	0	1	0
34 230704	0	1	0	1	0	2
43 250704	0	0	0	0	0	0
54 170704	0,5	0,5	0	1	0,5	1,5
55 260704	0	1	0	0,5	0	1,5
111 220704	0	0,5	0	1	0	1,5
222 100704	0	1	0	0	0	1
333 160704	0	0	0	0,5	0	0,5

Aus Tabelle 57 geht hervor, dass mit einem Grenzwert von 1,5 insgesamt 5 Brunstereignisse als solche erkannt werden. 5 weitere werden nicht erkannt. Für die Berechnung der Effizienzparameter ergeben sich daraus folgende Ausgangswerte:

5 richtig positive,

0 falsch positive,

5 falsch negative,

10 richtig negative Ereignisse.

Demnach kommt es mit diesem Bewertungsmodell zu einer Sensitivität von 50% und entspricht bei weitem nicht den Möglichkeiten wie sie aus der Milchviehhaltung bekannt sind, wo Sensitivitäten von 90% und mehr erreicht werden wurden.

Positiv zu beurteilen ist aber das Ausbleiben von falsch positiv erkannten Ereignissen. Deshalb beträgt die Fehlerrate auch 0%. Da es zu keinen falsch positiv eingestuften Brunstereignissen kommt, liegt die Spezifität ebenso wie die Genauigkeit bei 100%. Insgesamt kann die Erkennung von nur 50% der Brunstereignisse aber nicht als zufriedenstellend eingestuft werden. Die Herabsetzung des Grenzwertes auf 1,0 würde die Sensitivität auf 70% steigern, aber auch eine 10%ige Fehlerrate erzeugen. Zudem sinkt die Spezifität auf 90%. Die Veränderung der Effizienzparameter geht auf folgende Ausgangssituation nach Herabsetzung des Grenzwertes zurück:

7 richtig positive,

1 falsch positives,

3 falsch negative und

9 richtig negative Ereignisse.

Im vorliegenden Fall wäre die Absenkung des Grenzwertes sogar als sinnvoll zu betrachten, da hierdurch 2 Brunstereignisse zusätzlich richtig und nur 1 Brunstereignis falsch positiv erkannt würden. Auf den Hinweis von Prognosemöglichkeiten wurde absichtlich verzichtet, da es in der Mutterkuhhaltung nicht so sehr darauf ankommt den richtigen Besamungszeitpunkt zu bestimmen.

Nach den Prozentsätzen, übernommen aus dem geburtsnahen Zeitraum sind aufgrund der Einzeltielergebnisse aus der Fourieranalyse die numerischen Werte 0 und 1 vergeben worden (Tabelle 58). Sie dienen als Summanden, dargestellt in der Fortsetzung von Tabelle 58. Als Ergebnis erhält man eine Summe aus LKG und Harmonischen Anteilen von Schritttaktivität und Brustbeinlage in den Zeitabschnitten 5pro/4pro – 2pro/1pro oestrus und 1pro-oestrus. Als Grenzwert für beide Zeiträume wird ebenfalls 2,0 vorgeschlagen. Erreichen die errechneten Werte den Grenzwert oder gehen darüber hinaus, wird das Ereignis als Brunst erkannt gewertet. Wird der Grenzwert nicht erreicht, gilt die Brunst als nicht erkannt.

Tabelle 58: Bewertung der LKG und Harmonischen Anteile (Fourieranalyse) mit Hilfe der festgelegten numerischen Werte

	Schrittaktivität (ST)		Schrittaktivität (ST)		Brustbeinlage (BL)		Brustbeinlage (BL)	
FOURIER	LKG		Harm. Anteil		LKG		Harm. Anteil	
Kuh	5pro/4pro- 2pro/1pro	1pro/ oestrus	5pro/4pro- 2pro/1pro	1pro/ oestrus	5pro/4pro- 2pro/1pro	1pro/ oestrus	5pro/4pro- 2pro/1pro	1pro/ oestrus
13 120704	0	0	1	1	1	0	0	0
18 210704	0	0	0	0	0	1	0	0
18 100804	0	0	0	0	0	0	0	0
34 230704	1	0	1	0	1	0	1	0
43 250704	0	0	0	0	1	0	0	0
54 170704	0	0	0	0	0	1	0	0
55 260704	0	0	0	0	0	0	0	0
111 220704	0	0	1	0	1	1	0	1
222 100704	0	0	0	0	0	0	0	0
333 160704	0	0	0	0	0	0	0	0

Fortsetzung Tabelle 58:

FOURIER	ST + BL LKG		ST + BL Harm. Anteil		ST + BL 5pro/4pro-2pro/1pro	ST + BL 1pro/oestrus
	Kuh	5pro/4pro- 2pro/1pro	1pro/ oestrus	5pro/4pro- 2pro/1pro		
13 120704	1	0	1	1	2	1
18 210704	0	1	0	0	0	1
18 100804	0	0	0	0	0	0
34 230704	2	0	2	0	4	0
43 250704	1	0	0	0	1	0
54 170704	0	1	0	0	0	1
55 260704	0	0	0	0	0	0
111 220704	1	1	1	1	2	2
222 100704	0	0	0	0	0	0
333 160704	0	0	0	0	0	0

Das Bewertungsmodell zur Fourieranalyse erzeugt verglichen mit dem zur Lowessfunktion insgesamt ein schlechteres Ergebnis. Mit

1 richtig positiven,

3 falsch positiven,

9 falsch negativen und

7 richtig negativen Ereignissen

wird deutlich, dass die Brunsterkennungsrate verschwindend gering und die Fehlerwerte sehr hoch ist. Die Sensitivität beträgt 10%, die Fehlerrate 75%, die Spezifität 63,6% und die Genauigkeit 25%.

Die Verringerung des Grenzwertes von 2,0 auf 1,0 würde

4 richtig positive,

4 falsch positive,

6 falsch negative und

6 richtig negative Ereignisse erzeugen.

Damit verbessern sich die Effizienzparameter. Die Sensitivität liegt dann bei 40%, die Fehlerrate bei 50%, die Spezifität bei 60% und die Genauigkeit bei 50%. Dennoch sind diese Werte nicht ausreichend, um die Brunsterkennung als erfolgreich zu bezeichnen. Bei einem Vergleich der Lowessfunktion und Fourieranalyse kann der Lowessfunktion für die Brunsterkennung eine bessere Effizienz nachgewiesen werden, wobei die Verringerung der Grenzwerte vor allem eine klare Verbesserung in der Sensitivität gezeigt hat. Da die Herabsetzung der Grenzwerte zu einer Verbesserung führt, gelten sie im Folgenden als Grundlage der Effizienzparameter. Die rechnerische Verknüpfung von Lowessfunktion und Fourieranalyse ist in Tabelle 59 dargestellt. Die Summenbildung beider Einzelgrenzwerte von jeweils 1,0 ergibt einen neuen Gesamtgrenzwert von 2,0.

Tabelle 59: Verknüpfung von Lowessfunktion und Fourieranalyse zu einem Bewertungsmodell

Kuh	Lowess 5pro/4pro- 2pro/1pro	Lowess 1pro/ oestrus	Fourier 5pro/4pro- 2pro/1pro	Fourier 1pro/ oestrus	Lowess + Fourier 5pro/4pro-2pro/1pro	Lowess + Fourier 1pro/ oestrus
1 300702	0	1	2	1	2	2
4 280702	0	1,5	0	1	0	2,5
7 290702	1	0	0	0	1	0
6 241102	0	2	4	0	4	2
13 201102	0	0	1	0	1	0
18 251202	0,5	1,5	0	1	0,5	2,5
20 120103	0	1,5	0	0	0	1,5
23 140303	0	1,5	2	2	2	3,5
25 241102	0	1	0	0	0	1
28 120303	0	0,5	0	0	0	0,5

Es ist nicht zu erwarten, dass die Verknüpfung beider Methoden die Ergebnisse aus dem Bewertungsmodell zur Lowessfunktion übertrifft, aber die Ergebnisse zur Fourieranalyse können verbessert werden.

Aus der rechnerischen Vereinigung der Methoden gingen

5 richtig positive,

3 falsch positive,

5 falsch negative und

7 richtig negative Brunstereignisse hervor.

Daraus ergibt sich eine Sensitivität von 50%, eine Fehlerrate von 37,5%, eine Spezifität von 70% und eine Genauigkeit von 62,5%. Die Ergebnisse aus der alleinigen Betrachtung der Fourieranalyse verbessern sich erwartungsgemäß, doch eine Sensitivität von 50% ist nach wie vor als nicht ausreichend anzusehen. Zudem ist die Lowessfunktion mit ihrer Effizienz der Fourieranalyse bzw. einer rechnerischen Verknüpfung vorzuziehen. Die Verbindung der Bewertungsmodelle von Lowessfunktion und Fourieranalyse ohne mathematische Verknüpfung würde keine Verbesserung gegenüber der Lowessfunktion bringen. Im Gegensatz dazu kämen weitere falsch positiv erkannte Ereignisse hinzu. In Tabelle 60 sind die vorgestellten Bewertungsmodelle mit den herabgesetzten Grenzwerten zusammengefasst.

Tabelle 60: Zusammenfassung der Effizienzparameter aller vorgestellten Bewertungsmodelle

Effizienzparameter	Lowessfunktion in %	Fourieranalyse in %	Lowess + Fourier in %	Lowess / Fourier in %
Sensitivität	70,0	40,0	50,0	70,0
Fehlerrate	10,0	50,0	37,5	41,7
Spezifität	90,0	60,0	70,0	50,0
Genauigkeit	87,5	50,0	62,5	50,0

Die Bewertung anhand von Effizienzparameter gehört derzeit zum aktuellen Stand der Forschung, um rechnergestützte Systeme und deren Möglichkeiten einzustufen. Die Brunsterkennung mit Bewegungsaktivitätsmessung in Milchviehherden ist schon sehr gut untersucht. Nach Zusammenfassung mehrerer Studien konnten je nach System und Grenzwerteinstellung Sensitivitäten von 55-97,1% und Fehlerraten von 6,9-79,7% erreicht werden (FRANKE 2004). Insgesamt sind die Ergebnisse aus den Bewertungsmodellen im Rahmen der Brunst nicht gänzlich zufriedenstellend. Gute Ansätze zeigte die Bewertung der Trendverläufe aus der Lowessfunktion. Weniger überzeugend gestaltet sich die Bewertung von LKG und Harmonischen Anteilen aus der Fourieranalyse. Abschließend soll noch erwähnt werden, dass die Anzahl der Freiheitsgrade mit 10 Brunstereignissen gering ist und deshalb weiterführende Untersuchungen empfohlen werden.

7.4 Ergebnisse Parameter Flächennutzung

Zur Analyse des Parameters Flächennutzung standen ebenfalls 10 Brunstereignisse zur Verfügung. Wie es bereits in der Auswertung der Bewegungsaktivität erwähnt wurde, begannen die Messreihen aus technischen Gründen bei Färse 55 260704 erst ab dem 3. Tag pro oestrus und bei Kuh 222 100704 ab dem 4. Tag pro oestrus.

7.4.1 Größe der Minimum Convex Polygone im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 5 pro-5 post oestrus

Abbildung 96 zeigt die durchschnittliche Größe der Minimum Convex Polygone in den Messabschnitten am Vormittag, am Nachmittag und in der täglichen Messzeit gesamt. In der allgemeinen Betrachtung wird zunächst deutlich, dass die Tiere den Flächeninhalten der Polygone zufolge, am Vormittag eine geringere Flächennutzung aufweisen, als am Nachmittag. Das würde auf eine höhere Aktivität der Tiere in den Nachmittagsstunden hinweisen, was die Ergebnisse aus den Untersuchungen zur Bewegungsaktivität unterstützt.

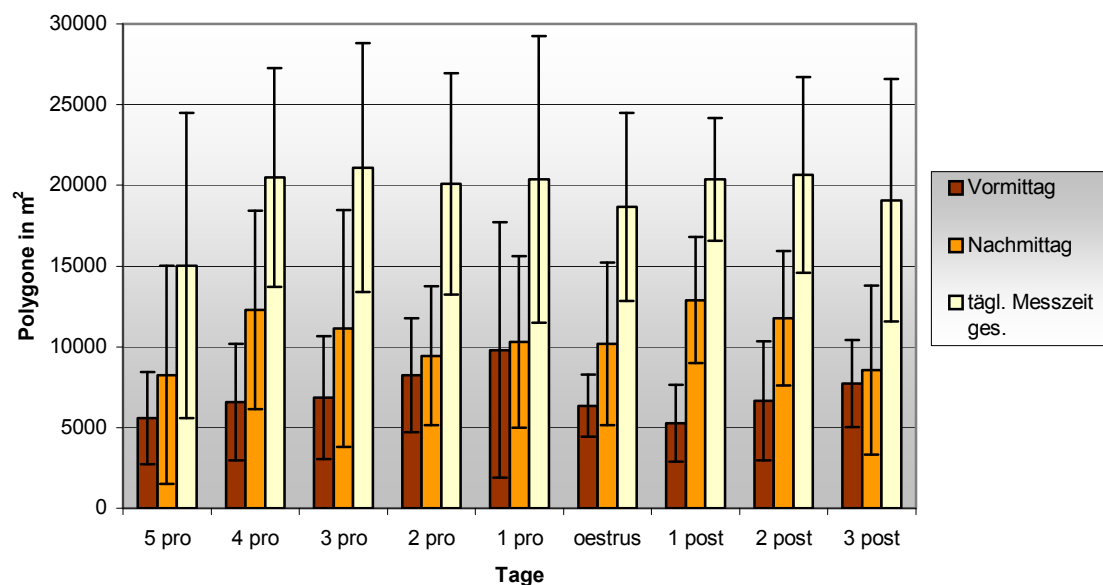


Abbildung 96: Gruppenmittel der Minimum Convex Polygone am Vormittag, am Nachmittag und in der tägl. Messzeit ges. bei 10 Brunstereignissen

Die geringste mittlere Flächennutzung am Vormittag tritt mit 5.278m^2 am Tag 1post oestrus auf. Am gleichen Tag kommt es im Durchschnitt der Tiere mit 12.899m^2 zur der höchsten Flächennutzung am Nachmittag.

Die Größe der Polygone für die tägliche Messzeit gesamt bewegt sich zwischen 15.027m² im Minimum am Tag 5pro und 21.100m² im Maximum am Tag 3pro oestrus. Eine deutliche Änderung der Flächennutzung am Tag der Hauptbrunst, gegenüber den anderen Messtagen, kann nicht nachvollzogen werden.

7.4.2 Mittelwertvergleich der Flächennutzung zwischen brunstunbeeinflusster (bub) und brunstbeeinflusster (bb) Zeit

Die Berechnungen für den Vormittag, den Nachmittag und die tägliche Messzeit gesamt ergaben leicht größere Mittelwerte bei den Minimum Convex Polygonen der brunstbeeinflussten Zeit gegenüber der brunstunbeeinflussten Zeit. In keinem Fall waren die Werte statistisch zu sichern. Demnach ist ein Einfluss der Brunst auf die Flächennutzung der Tiere nicht nachzuweisen.

7.4.3 Beziehungen zwischen Bewegungsaktivität und Flächennutzung im brunstnahen Zeitraum

Orientierend an den Auswertungen zum geburtsnahen Zeitraum, sollen auch im brunstnahen Zeitraum die Beziehungen zwischen Flächennutzung und Bewegungsaktivität näher betrachtet werden (Tabelle 61).

Tabelle 61: Korrelationskoeffizienten zwischen Bewegungsaktivität und Flächennutzung im brunstnahen Zeitraum

TAGESZEIT	ST-CON	ST-CON	SL-CON	SL-CON	BL-CON	BL-CON
	bub	bb	bub	bb	bub	bb
Vormittag	0,14	0,31	-0,15	-0,28	-0,13	-0,34
Nachmittag	0,33*	-0,11	-0,20	-0,05	-0,29*	0,22
tägl. Messzeit ges.	0,26*	0,12	-0,20	-0,01	-0,10	-0,20

Die Korrelationskoeffizienten zwischen Schrittaktivität und Größe der Minimum Convex Polygone ergibt ein differenziertes Bild. Die Koeffizienten im brunstunbeeinflussten Zeitraum bewegen sich im geringen bis mittleren positiven Bereich, wobei die Korrelationskoeffizienten für den Nachmittag und die tägliche Messzeit gesamt gering statistisch zu sichern waren.

Im brunstbeeinflussten Zeitraum wurde für den Nachmittag mit -0,11 ein gering negativer Wert ermittelt, der einem erwarteten positiven Zusammenhang (mit steigender Schrittaktivität steigt die Größe der Polygone) entgegensteht. Allerdings konnten die Korrelationskoeffizienten zwischen Schrittaktivität und Minimum Convex Polygonen im brunstbeeinflussten Zeitraum statistisch nicht gesichert werden.

Die Korrelationskoeffizienten zwischen der Zeit in Seitenlage und den Minimum Convex Polygonen liegen, sowohl im brunstunbeeinflussten als auch im brunstbeeinflussten Zeitraum, in einem geringen bis mittleren negativen Bereich. Keiner dieser Werte war statistisch zu sichern.

Einen tendenziell negativen Zusammenhang lassen die Korrelationskoeffizienten zwischen der Zeit in Brustbeinlage und den Minimum Convex Polygonen im brunstunbeeinflussten Zeitraum erkennen. Danach verringert sich die Größe der Polygone mit Zunahme der Zeit in Brustbeinlage. Die Koeffizienten bewegen sich zum einen aber nur im geringen bis mittleren Bereich. Zum anderen konnte nur für die Werte am Nachmittag eine statistisch geringe Signifikanz errechnet werden. Im Gegensatz zum brunstunbeeinflussten Zeitraum wurde im brunstbeeinflussten Zeitraum am Nachmittag ein geringer positiver Korrelationskoeffizient festgestellt. Damit entspricht dieser Wert ebenso wenig den Erwartungen wie der negative Korrelationskoeffizient am Nachmittag zwischen Schrittaktivität und Minimum Convex Polygonen. Die Kombination beider Koeffizienten würde bedeuten, dass im brunstbeeinflussten Zeitraum die Schrittaktivität steigt aber die Größe der Polygone abnimmt. Gleichzeitig sinkt die Brustbeinlage mit abnehmender Größe der Polygone. Da die Koeffizienten zwischen Brustbeinlage und Minimum Convex Polygonen im brunstbeeinflussten Zeitraum klein bis mittel sind und zudem statistisch nicht abzusichern waren, kann maximal von einer geringen Tendenz ausgegangen werden.

Insgesamt wurde zwischen den einzelnen Variablen der Bewegungsaktivität und der Größe der Minimum Convex Polygone kein enger Zusammenhang im brunstnahen Zeitraum festgestellt.

7.5 Diskussion zum Parameter Flächennutzung im brunstnahen Zeitraum

Die Ausgangssituation bei der Flächennutzung im brunstnahen Zeitraum ist analog zu der im geburtsnahen Zeitraum. Untersuchungen zur Beeinflussung der Flächennutzung durch ein Brunstereignis sind nicht bekannt.

Die Berechnung der Minimum Convex Polygone im Gruppenmittel liefert keine Hinweise auf eine Veränderung der Flächennutzung während der Brunst. Die Ergebnisse bekräftigen die Erkenntnisse zur allgemeinen Flächennutzung, die aus dem Zeitraum 5ap-2ap bereits bekannt sind. Demzufolge ist die Flächennutzung am Nachmittag größer als am Vormittag. Eine Änderung, z. B. die Umkehrung dieses Verhältnisses, wie es durch die Geburt ausgelöst wird, gibt es nicht. Zusätzlich wurden zwischen brunstunbeeinflusstem und brunstbeeinflusstem Zeitraum keine signifikanten Unterschiede ermittelt. Daraus ist abzuleiten, dass die hier angewandte Methode der Minimum Convex Polygone den Einfluss einer Brunst auf die Flächennutzung nicht erkennen lässt.

Die Ermittlung der Korrelationskoeffizienten zwischen Flächennutzung und Bewegungsaktivität ergab für Schrittaktivität, Brustbeinlage und Seitenlage nur geringe bis mittlere Koeffizienten im positiven und negativen Bereich. Ein Zusammenhang zwischen den beiden Parametern ist für den brunstnahen Zeitraum kaum nachzuweisen. Allerdings konnten ebenso wenig die Tendenzen aus den Korrelationsberechnungen im geburtsnahen Zeitraum bestätigt werden. Besonders die hohen positiven Werte von der Kombination Brustbeinlage und Flächennutzung aus dem Zeitraum 5ap-2ap wiederholen sich im brunstnahen Zeitraum nicht. Im brunstunbeeinflussten Zeitraum kann man eher von einer negativen Tendenz ausgehen. Der Vergleich von geburts- und brunstnahem Zeitraum legt die Vermutung einer sehr instabilen, losen Verbindung zwischen Flächennutzung und Bewegungsaktivität nahe, welche durch exogene Faktoren von vornherein stark beeinflusst werden kann.

7.6 Ergebnisse Parameter Wasseraufnahme

Grundlage der Berechnungen zum Parameter Wasseraufnahme sind die 10 Brunstereignisse, welche bereits für die Bewegungsaktivität und Flächennutzung relevant waren. Die Datenerfassung der Wasseraufnahme erfolgte bei allen Brunstereignissen vollständig in der Zeit 14pro-14 post oestrus.

7.6.1 Tränkebesuche im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 14pro-14post oestrus

Im Untersuchungszeitraum 14pro-14post oestrus ergab sich eine durchschnittliche Besuchsfrequenz von 1,1-2,5 innerhalb von 24 Stunden. Dabei wurde der kleinste Mittelwert von 1,1 am Tag des oestrus registriert. Grundsätzlich gibt es in der durchschnittlichen Anzahl der Besuche im brunstunbeeinflussten Zeitraum (14pro-2pro/ 2post-14post oestrus) keinen sehr gleichmäßigen Kurvenverlauf in der Zeit von 0-24 Uhr, aber auch keine steigende oder sinkende Tendenz vor bzw. nach dem oestrus. Der Einschnitt am Tag des oestrus erscheint hingegen sehr deutlich und ist im Untersuchungszeitraum von insgesamt 29 Tagen einmalig. Die Minima und Maxima des Zeitabschnittes 0-24 Uhr zeigen, dass die Tränke im Maximum 5-mal pro Tag besucht wurde, und dass diesbezüglich keine auffällige Entwicklung vor, während und nach der Brunst festgestellt werden kann. An 20 von 29 Messtagen wurde ein Minimum von 0 nicht überschritten, was bedeutet, dass mindestens ein Tier an diesen Tagen die Tränke nicht nutzte und demzufolge auf die Wasseraufnahme verzichtete.

Die Standardabweichung schwankt von 15,1-90,4%, wobei die mit Abstand höchsten Werte mit 81,5% und 90,4% am Tag 1pro oestrus sowie am Tag des oestrus errechnet wurden.

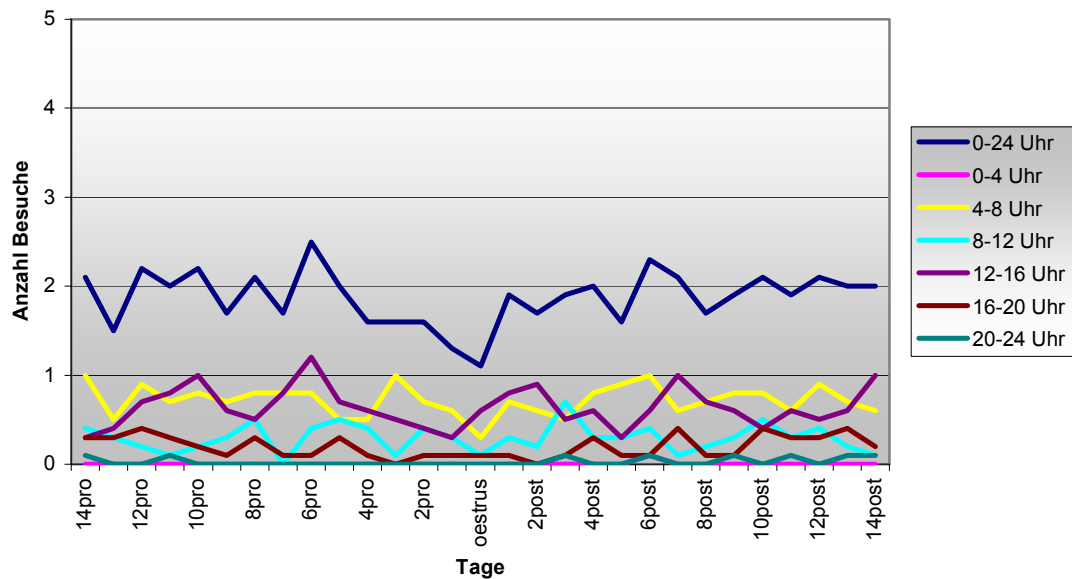


Abbildung 97: Gruppenmittel der Tränkebesuche von 10 Brunstereignissen – Anteile der 4-Stunden Tagesabschnitte

Die Aufteilung des Tages in 4-Stunden Tageszeitabschnitte (Abbildung 97) lässt sehr deutlich erkennen, dass in den zwischen 0-4 Uhr und 20-24 Uhr kaum Tränkebesuche stattfanden. Dementsprechend unbedeutend ist auch ihr Anteil an der Besuchsfrequenz in 24 Stunden. Eine Änderung der Besuchsfrequenz in diesen Tageszeitabschnitten ist im brunstbeeinflussten Zeitraum ebenfalls nicht erkennbar. Die größten Anteile der Besuche entfallen im Gruppenmittel auf die Tageszeitabschnitte 4-8 Uhr und 12-16 Uhr. Zwischen 4-8 Uhr wurden im gesamten Untersuchungszeitraum 0,3-1,0 Tränkebesuche registriert. Dabei entfällt der kleinste Wert auf den Tag des oestrus. In gleicher Höhe bewegt sich die Frequenz in der Zeit von 12-16 Uhr mit durchschnittlich 0,3-1,2 Besuchen. Zwar fällt die 0,3 auf den Tag 1pro oestrus, doch wird diese Besuchsfrequenz auch an zwei weiteren Tagen vor und nach der Brunst erreicht. Die zusammen umfassen insgesamt 52,6-94,1% der Tränkebesuche des gesamten Tages. Anhand der 4-Stunden Tageszeitabschnitte ist ein tendenzieller Rückgang der Tränkebesuche, wie es im 24 Stunden Gesamtintervall zu sehen ist, nur andeutungsweise im Kurvenverlauf des Tageszeitabschnittes 12-16 Uhr nachvollziehbar.

Die Standardabweichung der 4-Stunden Tageszeitabschnitte ist sehr differenziert zu betrachten. Sie reicht insgesamt von 0-316,2%. Nullwerte treten dann auf, wenn kein Tier im jeweiligen Tageszeitabschnitt an der Tränke war. Die sehr hohen Abweichungen gehen auf im Durchschnitt sehr kleine Mittelwerte von <1,0 Tränkebesuchen zurück.

In Abbildung 98 ist die Aufteilung der 8-Stunden Tageszeitabschnitte dargestellt. Wie dem zu entnehmen ist, kommt es durchgängig im Untersuchungszeitraum zwischen 16-24 Uhr, zu den wenigsten Tränkebesuchen

Der Anteil an der Gesamtbesuchsfrequenz eines Tages liegt bei 0,0-25,0%. Die übrigen Prozente verteilen sich auf die Tageszeitabschnitte 0-8 Uhr und 8-16 Uhr, wobei die Besuchsfrequenz zwischen 8-16 Uhr tendenziell etwas über der zwischen 0-8 Uhr liegt.

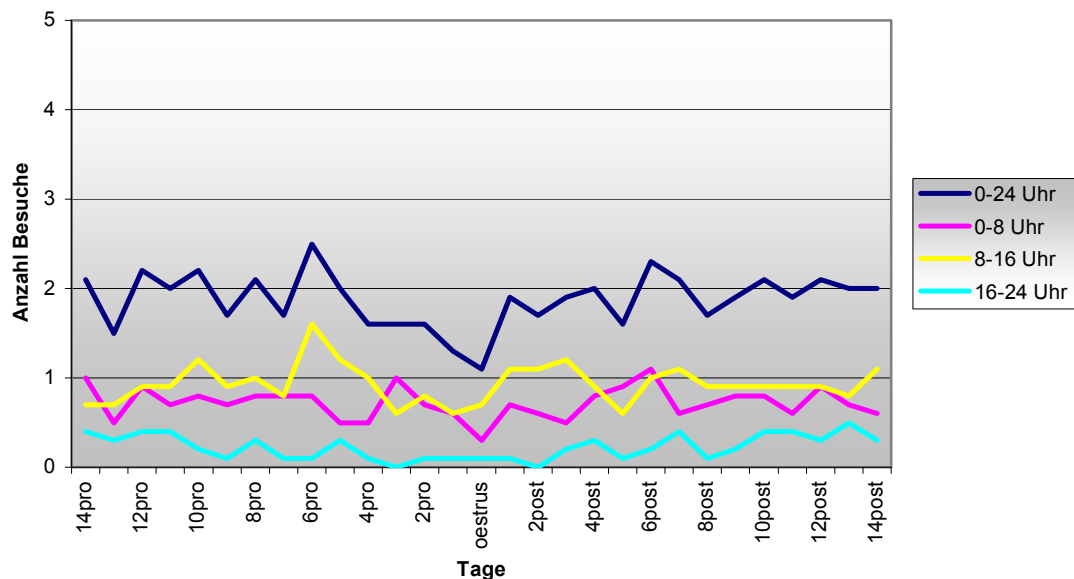


Abbildung 98: Gruppenmittel der Tränkebesuche von 10 Brunstereignissen – Anteile der 8-Stunden Tageszeitabschnitte

Im Tageszeitabschnitt 0-8 Uhr wird die Tränke im Gruppenmittel 0,3-1,1 besucht. Dabei entfällt das Minimum auf den Tag des oestrus. Im Vergleich zu den Tagen des brunstunbeeinflussten Zeitraumes hebt sich das Minimum aber besonders heraus. Des Weiteren zeigt der Kurvenverlauf keine Auffälligkeiten. Der Kurvenverlauf des Tageszeitabschnittes 8-16 Uhr lässt keinen Einfluss der Brunst auf die Tränkebesuche erkennen. Insgesamt wurde über den gesamten Untersuchungszeitraum eine Frequenz von 0,6-1,6 Besuchen im Gruppenmittel festgestellt. Der kleinste Wert von 0,6 tritt neben dem Tag 1pro oestrus noch ein weiteres Mal vor und nach der Brunst auf.

Grundsätzlich hat die Standardabweichung die gleiche Spannweite wie in den 4-Stunden Tageszeitabschnitten. Allerdings beschränken sich die Extremwerte auf 16-24 Uhr. Hier ist die Besuchsfrequenz generell sehr niedrig. In den anderen beiden Tageszeitabschnitten bewegt sich die Standardabweichung zwischen 47,1% und 161,0%.

Die 12-Stunden Tageszeitabschnitte gestalten sich in der durchschnittlichen Anzahl der Besuche untereinander ausgeglichen. Zwischen 0-12 Uhr gibt es im Kurvenverlauf vor der Brunst keine Auffälligkeiten. Am Tag des oestrus tritt das Minimum von 0,4 Besuchen auf, was im Vergleich zu den Tagen pro oestrus, mit 0,8-1,4 Besuchen, eine deutliche Verringerung bedeutet. Nach der Brunst sind die Tränkebesuche unregelmäßiger, sinken aber nicht unter 0,7 Besuche im Gruppenmittel.

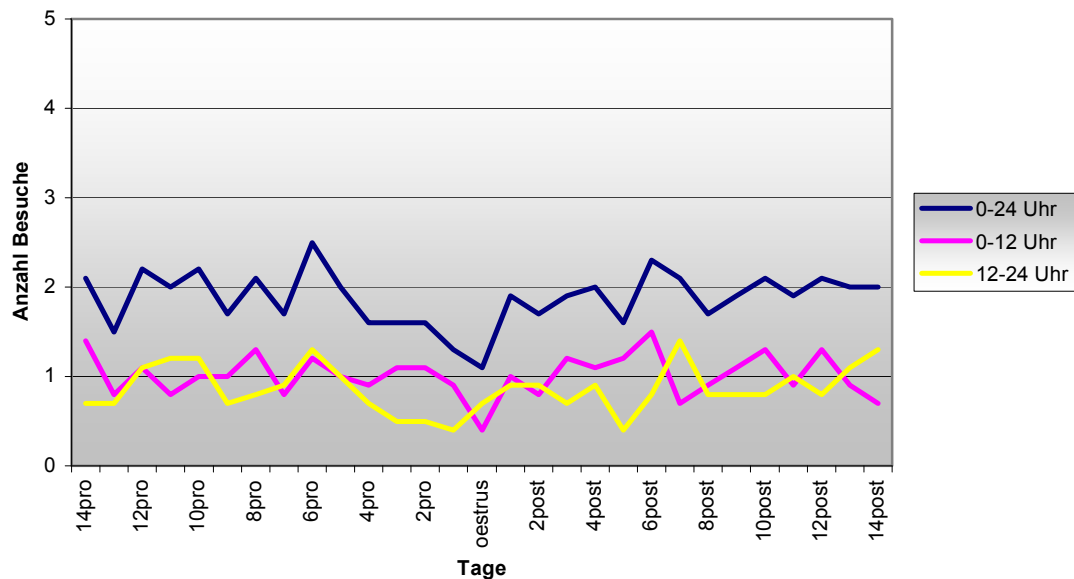


Abbildung 99: Gruppenmittel der Tränkebesuche von 10 Brunstereignissen – Anteile der 12-Stunden Tageszeitabschnitte

Der Kurvenverlauf des Tageszeitabschnittes 12-24 Uhr zeigt eine Verringerung der Besuchsfrequenz besonders in der Zeit 3pro-1pro oestrus mit durchschnittlich 0,4-0,5 Tränkebesuchen. Dies tritt besonders im Vergleich zu den Tagen 14pro-4pro oestrus deutlich hervor. Die Entwicklung der Kurve lässt keinen unmittelbaren Einfluss der Brunst erkennen.

Die Standardabweichung beider Tageszeitabschnitte liegt zwischen 35,1% und 143,0%.

7.6.2 Mittelwertvergleich der Tränkebesuche zwischen brunstunbeeinflusster (bub) und brunstbeeinflusster (bb) Zeit

Dem Mittelwertvergleich erbringt in 9 von 12 Tageszeitabschnitten geringere Tränkebesuche im brunstbeeinflussten Zeitraum. Diese Differenzen sind jedoch nur in den Tageszeitabschnitten 0-24 Uhr und 0-12 Uhr mittel bzw. gering signifikant (Tabelle 62).

Tabelle 62: Vergleich der Tränkebesuche zwischen brunstunbeeinflusster und brunstbeeinflusster Zeit

TAGESZEIT	ZEITRAUM	n	MW	STABW	MIN	MAX	SIGNIFIKANZ
0-24 Uhr	bub	10	1,9	1,0	0	5	0,010**
	bb	10	1,4	1,0	0	3	
0-12 Uhr	bub	10	1,0	0,7	0	3	0,040*
	bb	10	0,8	0,7	0	2	

7.6.3 Einzeltieranalyse der Tränkebesuche mit der Lowessfunktion

Die Anwendung der Lowessfunktion im brunstnahen Zeitraum basiert auf der gleichen Methode, die im geburtsnahen Zeitraum angewandt wurde.

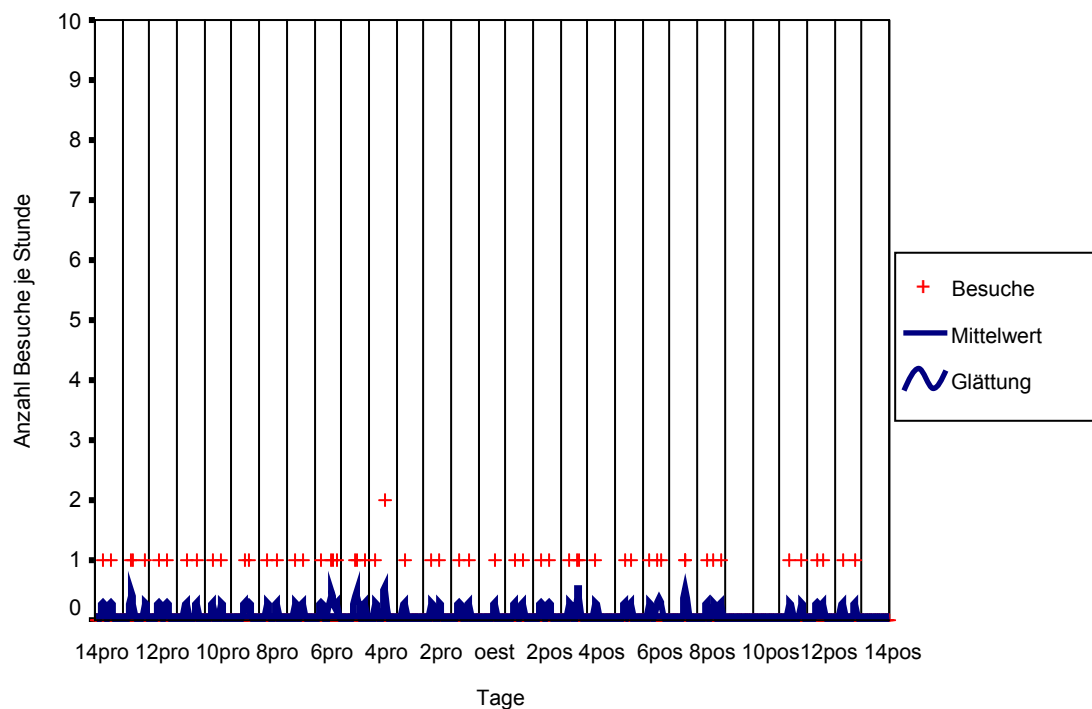


Abbildung 100: Tränkebesuche - Scatterplot der Kuh 13 120702 mit 1%iger Glättung

Die Einzeltieranalyse mit Hilfe der Lowessfunktion ergab für die Tränkebesuche bei allen einbezogenen Tieren und Brunstereignissen keinen sichtbaren Trend. Stellvertretend dafür ist Tier 13 120702 in Abbildung 100 dargestellt.

Der Abbildung ist zu entnehmen, dass sich Tränkebesuche auf einen geringen Umfang beschränken. Es gibt weder eine Regelmäßigkeit noch die Sicherheit, dass die Tränke grundsätzlich zur gleichen Uhrzeit frequentiert wird. Der Abbildung 100 ist ebenfalls zu entnehmen, dass in der Einzelfallbetrachtung an 3 Tagen keine Tränkebesuche stattgefunden haben. Ein Hinweis auf den Einfluss der Brunst ist bei diesem Beispiel ausgeschlossen.

7.6.4 Einzeltieranalyse der Tränkebesuche mit der Fourieranalyse

Die Fourieranalyse der Einzeltiere wurde für die Untersuchungen zum brunstnahen Zeitraum genauso angewandt, wie im geburtsnahen Zeitraum. Während im geburtsnahen Zeitraum bei einigen Tieren in wenigen Zeitabschnitten ein LKG in den Tränkebesuchen ermittelt werden konnte, ist ein LKG im brunstnahen Zeitraum bei keinem Tier in keinem Zeitabschnitt nachweisbar. Dementsprechend ist der LKG im Gruppenmittel durchgängig mit 0,0 in Tabelle 63 gekennzeichnet.

Tabelle 63: LKG der Tränkebesuche im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 14pro-14post oestrus

Zeit	14pro-13pro	13pro-12pro	12pro-11pro	11pro-10pro	10pro-9pro	9pro-8pro
LKG	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zeit	8pro-7pro	7pro-6pro	6pro-5pro	5pro-4pro	4pro-3pro	3pro-2pro
LKG	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zeit	2pro-1pro	1pro-oestrus	oestrus-1post	1post-2post	2post-3post	3post-4post
LKG	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zeit	4post-5post	5post-6post	6post-7post	7post-8post	8post-9post	9post-10post
LKG	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zeit	10post-11post	11post-12post	12post-13post	13post-14post		
LKG	0,0	0,0	0,0	0,0		

Da innerhalb der Tiergruppe zu keiner Zeit ein LKG vorhanden ist, können erwartungsgemäß auch keine Harmonischen Anteile berechnet werden. Den Ergebnissen zur Folge besuchen die Rinder im Untersuchungszeitraum die Tränke so unregelmäßig, dass eine Periodizität nicht nachgewiesen werden kann. Dies gilt ebenso für die Tränkekontakte und die aufgenommene Wassermenge.

7.6.5 Tränkekontakte im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 14 pro-14post oestrus

Die Anzahl der Anmeldungskontakte liegt grundsätzlich über der Besuchsfrequenz. Im Untersuchungszeitraum wurden durchschnittlich 2,5-6,7 Kontakte in 24 Stunden registriert. Die Werte liegen weit unter den Ergebnissen aus dem geburtsnahen Zeitraum. Im Allgemeinen kann die Anzahl der Tränkekontakte von Tag zu Tag erheblich differieren. In Abbildung 101 ist zu sehen, dass die Schwankungsbreite im Kurvenverlauf zwischen 0-24 Uhr in den Tagen 14 pro-4pro oestrus 2,5-5,8 umfasst. Zusätzlich sind täglich erhebliche Unterschiede ausgeprägt. In den Tagen 3pro-1post oestrus ist der Kurvenverlauf etwas gleichmäßiger mit einer mittleren Anzahl Tränkebesuche von 2,9-4,3. Ab dem Tag 2post oestrus wird der Verlauf wieder unregelmäßiger. Es ist eine leicht steigende Tendenz in den Tränkekontakten zu erkennen. Eine sichtbare Tendenz zum Tag der Hauptbrunst, wie es bei der Besucheranzahl (Verringerung) nachzuvollziehen ist, kann im Fall der Tränkekontakte nicht festgestellt werden.

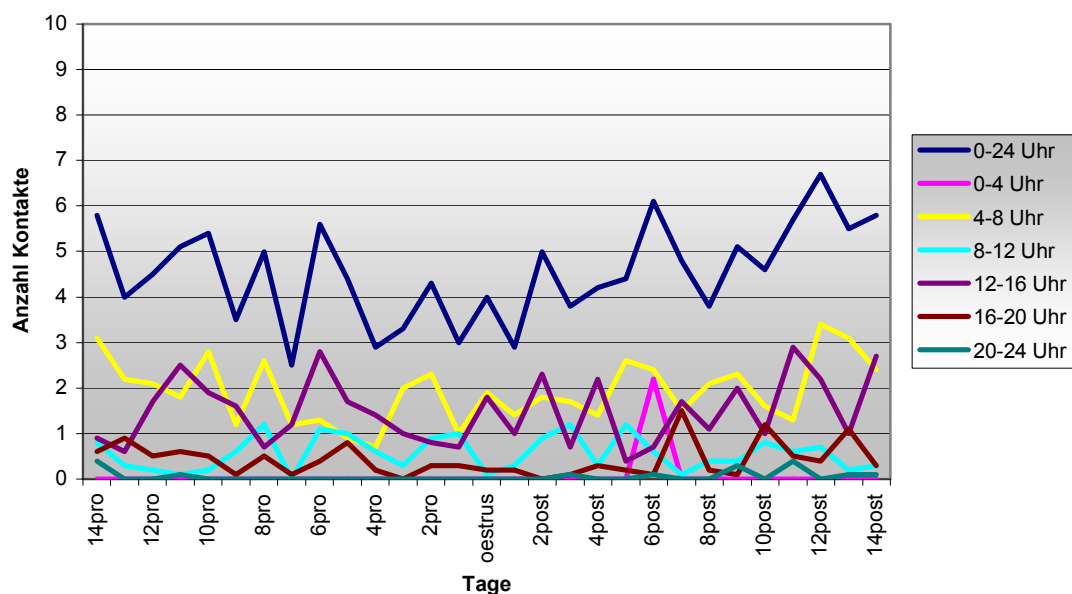


Abbildung 101: Gruppenmittel der Kontakte an der Tränke von 10 Brunstereignissen – Anteile der 4-Stunden Tageszeitabschnitte

Ähnlich wie bei den Tränkebesuchen gestalten sich die Anteile der 4-Stunden Tageszeitabschnitte bei den Tränkekontakten (Abbildung 101). Da in den Tageszeitabschnitten 0-4 Uhr und 20-24 Uhr die Tränke kaum frequentiert wurde, sind dementsprechend wenige Tränkekontakte registriert worden. Diese Tageszeitabschnitte haben an der täglichen Gesamtanzahl von Tränkekontakten fast keinen Anteil. Am Tag 6post oestrus wurde zwischen 0-4 Uhr ein Peak von 2,2 Kontakten registriert. Dieser Wert ist auf Tier 18 100804 mit 22 Kontakten in diesem Tageszeitabschnitt zurückzuführen.

Tränkekontakte in einem geringen Ausmaß fanden in der Zeit zwischen 16-20 Uhr und 8-12 Uhr statt. Die meisten Tränkekontakte wurden in den Tageszeitabschnitten 4-8 Uhr und 12-16 Uhr gezählt. Hier war auch die höchste Besuchsfrequenz zu verzeichnen. Die Anzahl der Tränkekontakte liegt zwischen 0,7-3,4 in der Zeit 4-8 Uhr und zwischen 0,4-2,9 in der Zeit 12-16 Uhr. Im Vergleich der beiden Tageszeitabschnitte liegt die Anzahl Tränkekontakte zwischen 4-8 Uhr höher. Grundsätzlich ist im Gruppenmittel eine Regelmäßigkeit in den 4-Stunden Tageszeitabschnitten über den Untersuchungszeitraum nicht erkennbar. Ebenso wenig lassen sich Aussagen über eine Tendenz während der Brunst treffen.

Die Standardabweichung erreicht Werte von 0-333,3%, wobei Minimum und Maximum auf die Tageszeitabschnitte 0-4 Uhr und 20-24 Uhr zurückzuführen sind..

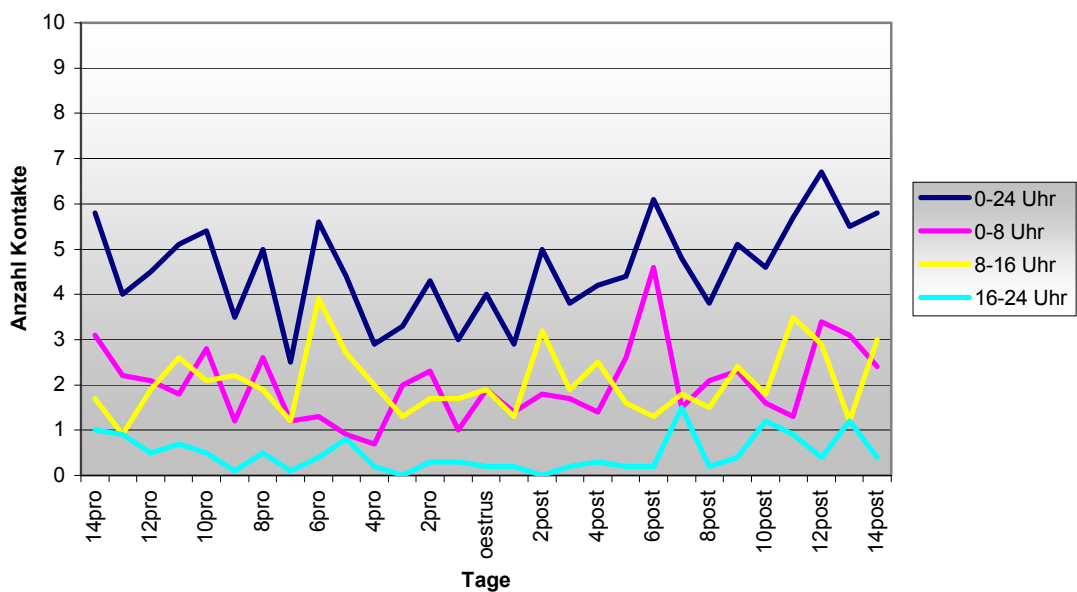


Abbildung 102: Gruppenmittel der Kontakte an der Tränke von 10 Brunstereignissen – Anteile der 8-Stunden Tageszeitabschnitte

Die Einteilung in 8-Stunden Tageszeitabschnitte (Abbildung 102) zeigt erwartungsgemäß die wenigsten Kontakte zwischen 16-24 Uhr. Der Anteil an den Kontakten des gesamten Tages liegt in allen Messtagen zwischen 0,0-26,1%, wobei an 18 von 29 Untersuchungstagen 10% nicht überschritten werden. Die Werte in diesem Tageszeitabschnitt schwanken im Durchschnitt von 0,0-1,5. Der Kurvenverlauf gestaltet sich besonders in den Tagen 4pro-6post oestrus sehr gleichmäßig. Davor und danach sind tägliche Unterschiede deutlicher ausgeprägt. Einer weitaus größeren Schwankungsbreite unterliegen die Tränkekontakte in den Tageszeitabschnitten 0-8 Uhr und 8-16 Uhr. Die durchschnittliche Anzahl bewegt sich im Zeitabschnitt 0-8 Uhr zwischen 0,7 am Tag 4pro und 4,6 am Tag 6post oestrus. Das Maximum tritt sehr deutlich hervor und wird wiederum stark von Tier 18 100804, mit allein 22 Tränkekontakten, beeinflusst. Im Tageszeitabschnitt 8-16 Uhr werden 0,9-3,9 Tränkekontakte im Gruppenmittel erreicht. Auch hier ist das Maximum am Tag 6pro oestrus sehr deutlich, aber nicht auf ausschließlich auf ein Tier zurückzuführen.

Eine Tendenz in Richtung oestrus ist auch bei in den 8-Stunden Tageszeitabschnitten nicht festzustellen.

Die Spannweite von 0-316,2% ist nur bei der Standardabweichung des Tageszeitabschnittes 16-24 Uhr ausgeprägt. In den beiden übrigen Tageszeitabschnitten beträgt s^2 70,7-205,3%. In der Mehrzahl überschreitet die Standardabweichung die Höhe des Mittelwertes.

Die Darstellung der 12-Stunden Tageszeitabschnitte (Abbildung 103) lässt erkennen, dass in der ersten Tageshälfte tendenziell mehr Tränkekontakte stattfinden. Die Kurvenverläufe beider Tageszeitabschnitte liegen aber eng beieinander. In der Zeit von 0-12 Uhr werden 1,2-5,2 Tränkekontakte registriert. Das Maximum geht auch hier auf Tier 18 100804 mit 23 Tränkekontakten zurück.

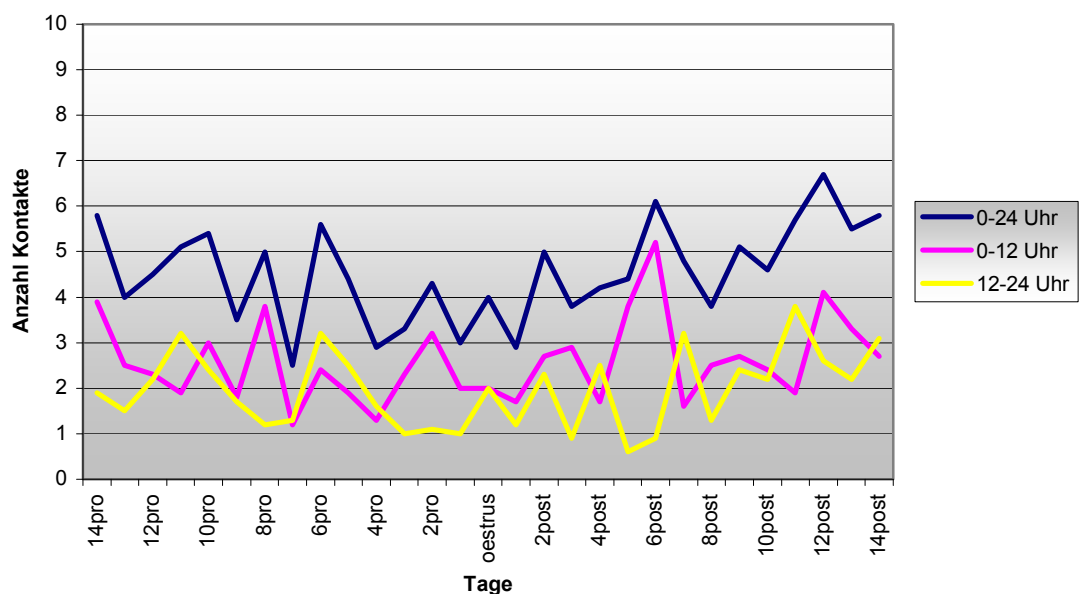


Abbildung 103: Gruppenmittel der Kontakte an der Tränke von 10 Brunstereignissen – Anteile der 12-Stunden Tageszeitabschnitte

Die Anzahl der Tränkekontakte im Tageszeitabschnitt 12-24 Uhr beträgt 0,6-3,8. Ein ausgeprägtes Maximum oder Minimum tritt nicht auf. An den Tagen 4pro-4post oestrus unterliegt der Kurvenverlauf den geringsten täglichen Schwankungen. Auch die Entwicklung der Kurvenverläufe in den 12-Stunden Tageszeitabschnitten lässt einen Einfluss der Brunst auf die durchschnittliche Anzahl der Tränkekontakte nicht erkennen.

Die Standardabweichung beträgt in beiden Tageszeitabschnitten zwischen 61,8-216,7%. In der Zeit von 0-12 Uhr wird an 14 Tagen der Mittelwert unterschritten, zwischen 12-24 Uhr nur an 4 Tagen.

7.6.6 Mittelwertvergleich der Tränkekontakte zwischen brunstunbeeinflusster (bub) und brunstbeeinflusster (bb) Zeit

Der Vergleich innerhalb der Tränkekontakte zeigt, dass die Anzahl der Kontakte in allen Tageszeitabschnitten im brunstbeeinflussten Zeitraum niedriger als im brunstunbeeinflussten Zeitraum ist. Wie im Fall der Tränkebesuche konnte aber nur in den Tageszeitabschnitten 0-24 Uhr und 0-12 Uhr ein statistisch gering zu sichernder Unterschied ermittelt werden.

Tabelle 64: Vergleich der Tränkekontakte zwischen brunstunbeeinflusster und brunstbeeinflusster Zeit

TAGESZEIT	ZEITRAUM	n	MW	STABW	MIN	MAX	SIGNIFIKANZ
0-24 Uhr	bub	10	4,7	4,5	0	35	0,038*
	bb	10	3,3	3,3	0	12	
0-12 Uhr	bub	10	2,7	3,2	0	23	0,037*
	bb	10	1,9	2,8	0	12	

7.6.7 Einzeltieranalyse der Tränkekontakte mit der Lowessfunktion

Die Streuung bei der Anzahl der Tränkekontakte variiert auch innerhalb der Einzeltierauswertungen mehr als vergleichsweise bei den Tränkebesuchen (Abbildung 104). So ist das Verteilungsmuster der Tränkekontakte innerhalb des Streudiagramms tierindividuell verschieden. Die Anwendung der Lowessfunktion zur Erzeugung eines Trends erbringt in der Einzeltierauswertung im Zusammenhang mit dem Brunstereignis kein eindeutiges Ergebnis.

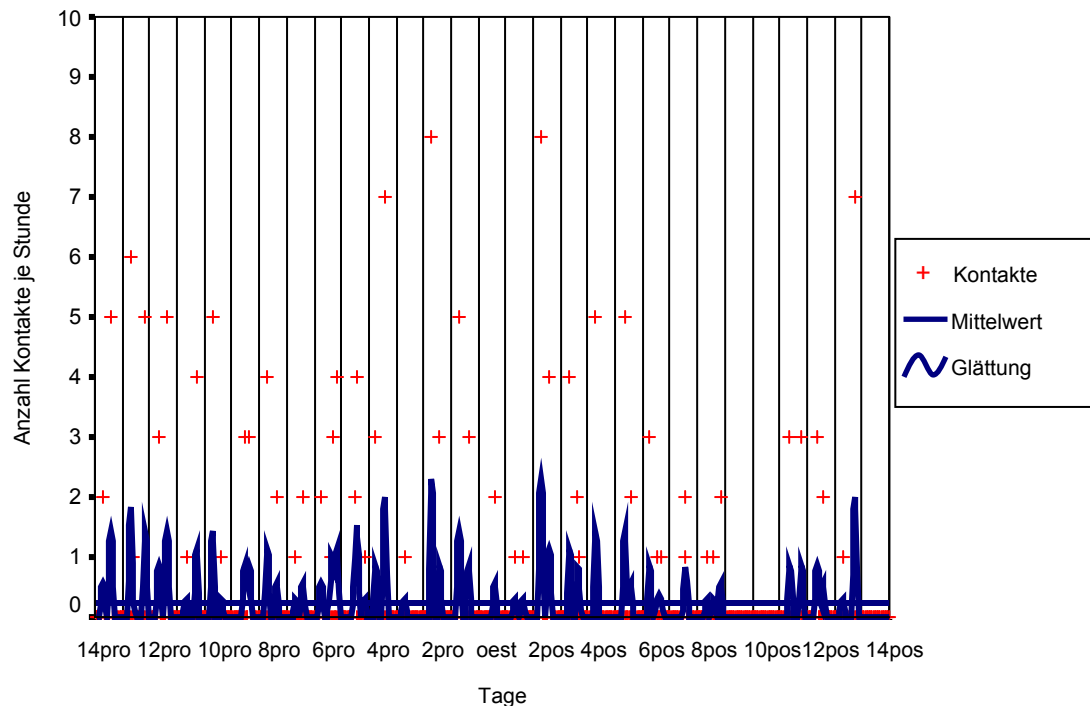


Abbildung 104: Tränkekontakte - Scatterplot der Kuh 13 120702 mit 1%iger Glättung

7.6.8 Aufgenommene Wassermenge im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 14pro-14post oestrus

Die durchschnittlich aufgenommene Wassermenge je Tier und Tag variiert im Untersuchungszeitraum von 11,6-25,9l. Damit werden ähnliche Werte, wie im geburtsnahen Zeitraum, erreicht. Bei der auch hier im Gruppenmittel gering erscheinenden Wasseraufnahme ist zu berücksichtigen, dass an 20 von 29 Messtagen mindestens 1 Tier nicht an die Tränke ging. Bis auf den Tag 1pro und den Tag des oestrus liegen die Tagesmittel der Herde grundsätzlich über 15l. Sowohl vor als auch nach der Brunst bleibt die Wasseraufnahme, abgesehen von den täglichen Schwankungen, auf ungefähr einem Niveau. Die aufgenommene Wassermenge am Tag 1pro oestrus beträgt 14,0l. Am Tag des oestrus sinkt sie auf 11,6l. Damit wurden die beiden niedrigsten Werte des Untersuchungszeitraumes an brunstbeeinflussten Tagen registriert.

Die Standardabweichung bewegt sich mit 36,8-97,2% an allen Tagen unter dem Mittelwert.

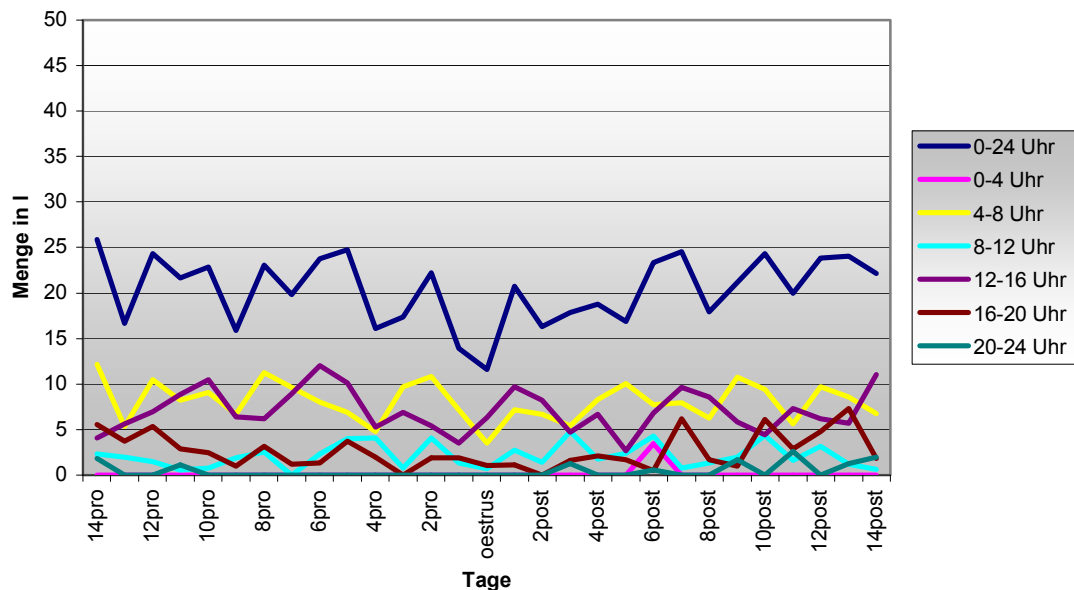


Abbildung 105: Gruppenmittel der aufgenommenen Wassermenge von 10 Brunstereignissen - Anteile der 4-Stunden Tageszeitabschnitte

In der Darstellung der 4-Stunden Tageszeitabschnitte (Abbildung 105) wiederholen sich im Ansatz die Kurvenverläufe der Tränkebesuche und Tränkekontakte auch bei der aufgenommenen Wassermenge. In den Tageszeitabschnitten 0-4 Uhr und 20-24 Uhr findet im Gruppenmittel kaum Wasseraufnahme statt, da die Tränke in dieser Zeit sehr wenig frequentiert wird. Der Peak am Tag 6post oestrus in der Zeit von 0-4 Uhr wird ausschließlich durch Tier 18 100804, mit 34,5l Wasseraufnahme, verursacht. Die höchsten Anteile der aufgenommenen Wassermenge entfallen erwartungsgemäß auf die Zeitabschnitte 4-8 Uhr und 12-16 Uhr. Im Tageszeitabschnitt 4-8 Uhr wurde eine durchschnittlich aufgenommene Wassermenge von 3,6-12,2l ermittelt. Dabei fällt das Minimum auf den Tag des oestrus. Die Wassermenge im Tageszeitabschnitt 12-16 Uhr hat eine Spannweite von 2,7-12,0l, wobei das Minimum am Tag 5post oestrus auftritt. Insgesamt ist an den Kurvenverläufen der 4-Stunden Tageszeitabschnitte noch keine Tendenz in der aufgenommenen Wassermenge im brunstbeeinflussten Zeitraum erkennbar.

Die Standardabweichung mit den Extremwerten von 0,0% und 316,2% betrifft die Tageszeitabschnitte mit keiner bzw. einer äußerst geringen Wasseraufnahme. In den Tageszeitabschnitten mit der höchsten Wasseraufnahme 4-8 Uhr und 12-16 Uhr erreicht s^2 61,2-164,2%.

Die Einteilung in 8-Stunden Tageszeitabschnitte ergibt die geringste Wasseraufnahmemenge im Tageszeitabschnitt 16-24 Uhr. Grundsätzlich liegt die Wasseraufnahme zwischen 0,0l und 8,6l. Im Zeitverlauf ist zwischen den Tagen 14pro-9pro oestrus eine leicht abfallende und zwischen den Tagen 7post-14post oestrus eine leicht ansteigende Tendenz sichtbar.

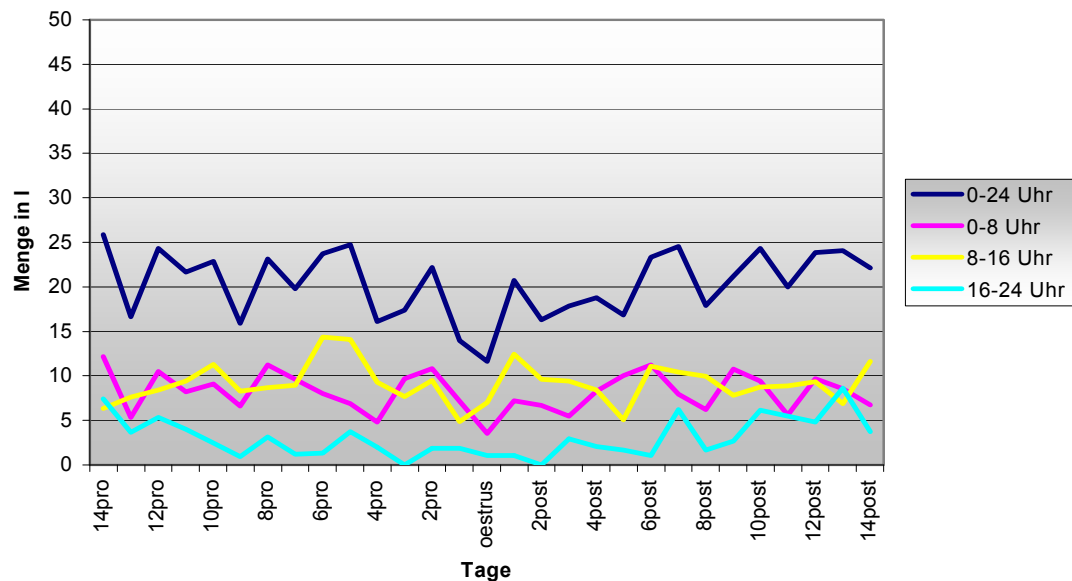


Abbildung 106: Gruppenmittel der aufgenommenen Wassermenge von 10 Brunstereignissen - Anteile der 8-Stunden Tageszeitabschnitte

Die Kurvenverläufe der anderen Tageszeitabschnitte 0-8 Uhr und 8-16 Uhr sind in ihrer Entwicklung ungefähr gleich. In der Zeit von 0-8 Uhr fällt das Minimum mit 3,6l auf den Tag des oestrus. Das Maximum beträgt 12,2l. Die Spannweite in der Wasseraufnahmemenge ist in diesem 8-Stunden Tageszeitabschnitt identisch mit der Spannweite im 4-Stunden Tageszeitabschnitt 4-8 Uhr, weil zwischen 0-4 Uhr, bis auf eine Ausnahme, keine Wasseraufnahme stattfand. Im Tageszeitabschnitt 8-16 Uhr liegt die aufgenommene Wassermenge zwischen 4,9l und 14,4l. Das Minimum wurde für den Tag 1pro oestrus berechnet. Der Unterschied zum nächsthöheren Durchschnittswert von 5,1l am Tag 5post oestrus ist jedoch äußerst gering. Trotzdem beide Minima der Tageszeitabschnitte 0-8 Uhr und 8-16 Uhr in der brunstbeeinflussten Zeit liegen, ist eine deutlich absinkende Tendenz während der Brunst nicht nachzuvollziehen.

Die Standardabweichung des Tageszeitabschnittes 16-24 Uhr liegt zwischen 0,0-316,2%. An den Tagen 3pro und 2post oestrus war keine Wasseraufnahme zu verzeichnen. Darauf sind die Nullwerte zurückzuführen. An allen anderen Tagen des Untersuchungszeitraumes befindet sich s^2 weit über dem Mittelwert. Die Standardabweichung der Tageszeitabschnitte 0-8 Uhr und 8-16 Uhr erreicht Werte von 49,6-161,6%.

Auch die 12-Stunden Tageszeitabschnitte zeigen, abgesehen von den täglichen Schwankungen, einen fast gleichmäßigen Verlauf und liegen dicht zusammen. Eine leicht abfallende Tendenz ist im Tageszeitabschnitt 0-12 Uhr am Tag des oestrus zu erkennen. Hier wird auch das Minimum des gesamten Untersuchungszeitraumes mit 4,3l erreicht. Der nächste Wert liegt am Tag 11post oestrus mit 7,2l bereits deutlich höher. Der höchste Mittelwert des Tageszeitabschnittes 0-12 Uhr entfällt auf den Tag 6post oestrus mit 15,5l.

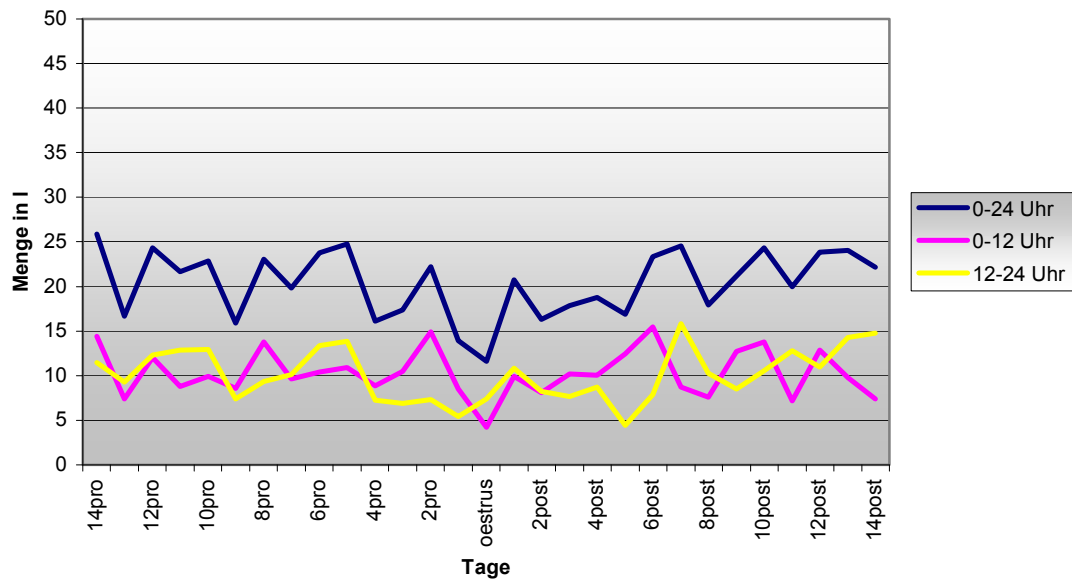


Abbildung 107: Gruppenmittel der aufgenommenen Wassermenge von 10 Brunstereignissen – Anteile der 12-Stunden Tageszeitabschnitte

Für den Tageszeitabschnitt 12-24 Uhr ergibt sich eine Spannweite aller Messtage von 4,4-15,8l. Dabei wurde der kleinste Mittelwert am Tag 5post und der größte Mittelwert am Tag 7post oestrus ermittelt. Trotzdem an den Tagen 4pro-1pro oestrus mit 5,5-7,3l durchgängig eine geringe Wasseraufnahme festgestellt werden kann, ist ein tendenzieller Einfluss der Brunst nicht eindeutig.

Die Standardabweichung beider Tageszeitabschnitte erreicht Werte von 48,5-165,4% (0-12 Uhr) bzw. 33,5-163,9% (12-24 Uhr).

7.6.9 Mittelwertvergleich der aufgenommenen Wassermenge zwischen brunstunbeeinflusster (bub) und brunstbeeinflusster (bb) Zeit

Die aufgenommene Wassermenge liegt in allen Tageszeitabschnitten im brunstbeeinflussten Zeitraum unter der des brunstunbeeinflussten Zeitraumes. Eine geringe statistische Sicherheit ergibt sich aber nur für den Tageszeitabschnitt 0-24 Uhr.

Tabelle 65: Vergleich der aufgenommenen Wassermenge zwischen brunstunbeeinflusster und brunstbeeinflusster Zeit

TAGESZEIT	ZEITRAUM	n	MW	STABW	MIN	MAX	SIGNIFIKANZ
0-24 Uhr	bub	10	21,0	12,1	0	51,0	0,022*
	bb	10	15,4	11,7	0	36,5	

7.6.10 Einzeltieranalyse der aufgenommenen Wassermenge mit der Lowessfunktion

Im Verlauf der Zeitreihe gestaltet sich die Streuung der Originaldaten der aufgenommenen Wassermenge sehr unterschiedlich und kann von Tier zu Tier stark variieren. So ist der Scatterplot von Tier 13 120704 (Abbildung 108) zwar nicht repräsentativ für die ganze Herde, dass aber kein Zusammenhang von Trendverlauf und Brunstgeschehen besteht, gilt ebenfalls für die Mehrzahl der Mutterkühe.

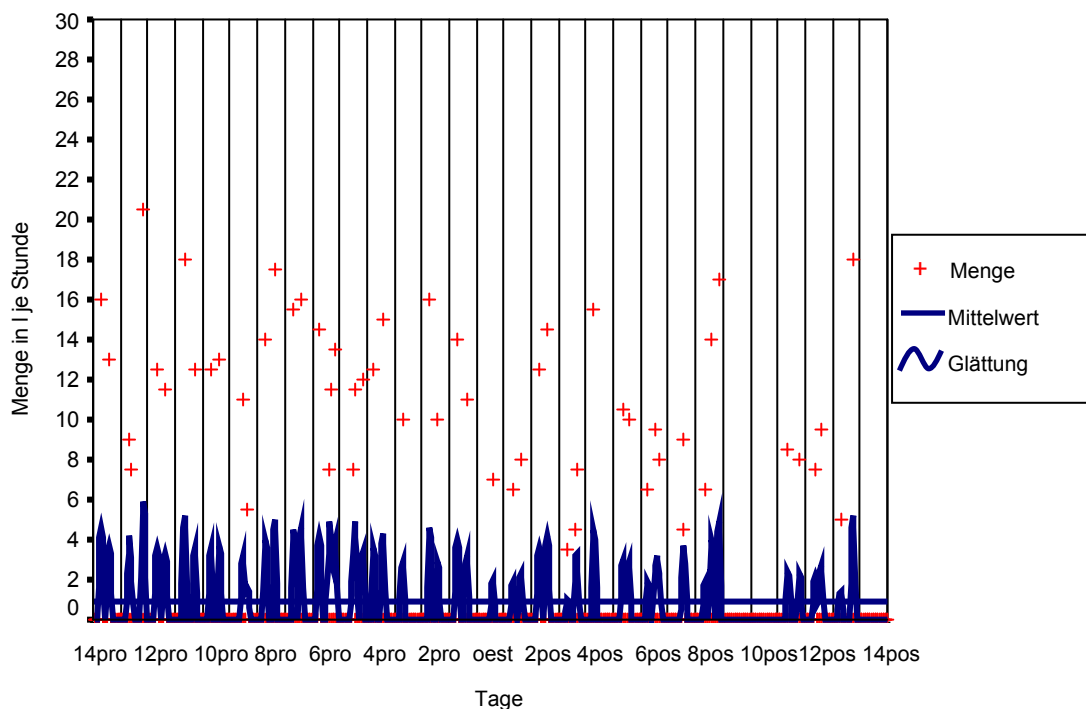


Abbildung 108: Aufgenommene Wassermenge - Scatterplot der Kuh 13 120702 mit 1%iger Glättung

7.6.11 Beziehungen zwischen den Variablen des Parameters Wasseraufnahme im brunstnahen Zeitraum

Grundsätzlich sind die Ergebnisse der Korrelationsberechnungen denen aus dem geburtsnahen Zeitraum sehr ähnlich. Der Tabelle 66 ist zu entnehmen, dass ein enger positiver Zusammenhang zwischen allen drei Variablen zu allen Tageszeitabschnitten besteht. Die Koeffizienten sind bei allen Kombinationen (Besuche-Kontakte, Menge-Besuche und Menge-Kontakte) sehr hoch und liegen zwischen 0,71 und 1,00.

Als Ausnahme ist das Tageszeitintervall 0-24 Uhr anzusehen. Die Verknüpfung der Variablen Besuche und Kontakte sowie Menge und Kontakte ergibt kleinere Korrelationskoeffizienten zwischen 0,54 und 0,68. Jeder Koeffizient weist eine hohe statistische Sicherheit auf.

Tabelle 66: Korrelationskoeffizienten zwischen den Variablen des Parameters Wasseraufnahme im brunstnahen Zeitraum

TAGESZEIT	BES-KON bub	BES-KON bb	MEN-BES bub	MEN-BES bb	MEN-KON bub	MEN-KON bb
0-24 Uhr	0,54***	0,68***	0,72***	0,88***	0,57***	0,59***
0-12 Uhr	0,73***	0,86***	0,76***	0,86***	0,71***	0,76***
12-24 Uhr	0,85***	0,93***	0,86***	0,93***	0,81***	0,89***
0-8 Uhr	0,85***	0,93***	0,86***	0,90***	0,81***	0,86***
8-16 Uhr	0,83***	0,91***	0,82***	0,94***	0,76***	0,86***
16-24 Uhr	0,99***	1,00***	0,99***	1,00***	0,99***	1,00***
0-4 Uhr	1,00	*k. W.	1,00	*k. W.	1,00	*k. W.
4-8 Uhr	0,85***	0,93***	0,87***	0,90***	0,81***	0,86***
8-12 Uhr	0,99***	0,99***	0,98***	0,99***	0,98***	0,97***
12-16 Uhr	0,92***	0,94***	0,92***	0,93***	0,88***	0,87***
16-20 Uhr	0,99***	1,00***	0,99***	1,00***	0,99***	1,00***
20-24 Uhr	1,00***	*k. W.	1,00***	k. WA	1,00***	*k. W.

*k. W. - keine Werte, da keine Besuche an der Tränke in diesem Tageszeitintervall

Im Allgemeinen besteht eine leichte Tendenz zu höheren Koeffizienten, je kleiner die Tageszeitabschnitte werden. Eine weitere Tendenz besteht in geringfügig höheren Koeffizienten im brunstbeeinflussten Zeitraum für die Mehrzahl der Tageszeitabschnitte. In den Tageszeitabschnitten 0-4 Uhr und 20-24 Uhr besuchte im brunstbeeinflussten Zeitraum kein Tier die Tränke.

7.6.11.1 Kontakte je Besuch, Menge je Kontakt und Menge je Besuch im Gruppenmittel der 10 Brunstereignisse in der Zeit 14pro-14post oestrus

Für die weitere Analyse des Wasseraufnahmeverhaltens im brunstnahen Zeitraum wurden die einzelnen Variablen Besuche, Kontakte und Menge miteinander in Bezug gesetzt. In Abbildung 109 ist die durchschnittliche Anzahl der Tränkekontakte je Besuch dargestellt. Daraus wird ersichtlich, dass im Untersuchungszeitraum innerhalb eines Tages zwischen 1,2-3,5 Tränkekontakte je Tränkebesuch registriert wurden. Im Hinblick auf den brunstbeeinflussten Zeitraum ist keine Tendenz zu erkennen. Die Standardabweichung der einzelnen Messtage bewegt sich zwischen 44,2% und 162,5% und spricht für große tierindividuelle Unterschiede.

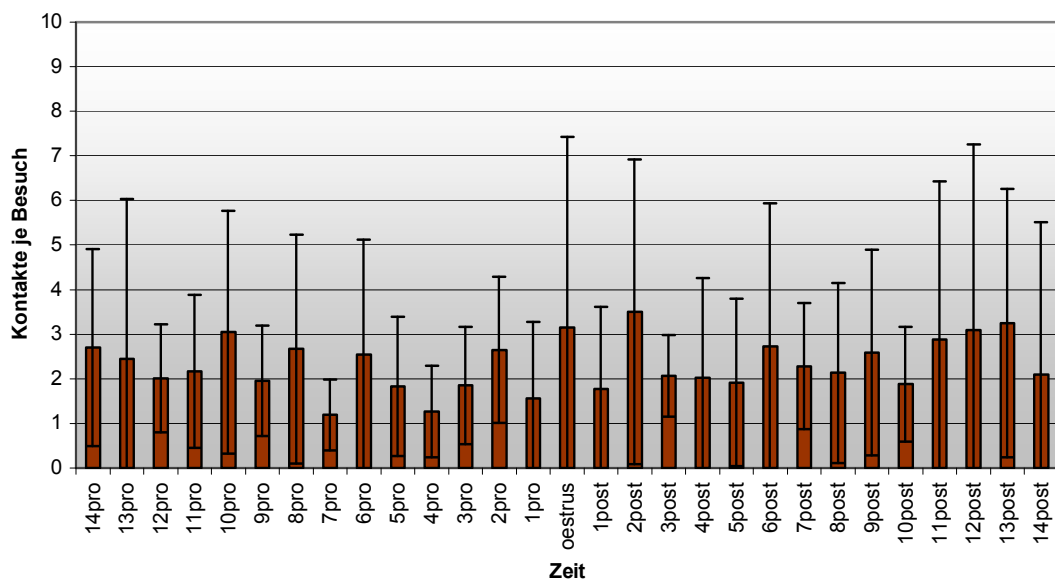


Abbildung 109: Gruppenmittel der Kontakte je Besuch in 24 Stunden bei 10 Brunstereignissen

Die aufgenommene Wassermenge je Besuch erreicht Werte von 7,4-13,1l (Abbildung 110). Dabei entfällt das Minimum auf den Tag 4 pro und das Maximum auf den Tag 2pro oestrus. Obwohl am Tag des oestrus mit 7,6l auch eine geringe Wasseraufnahme je Besuch gemessen wurde, gibt es keine erkennbar verringerte Tendenz, die ausschließlich auf das Brunstereignis zurückzuführen wäre.

Die Standardabweichung beträgt 32,9-91,4%, wobei s^2 am Tag 1pro am größten ist.

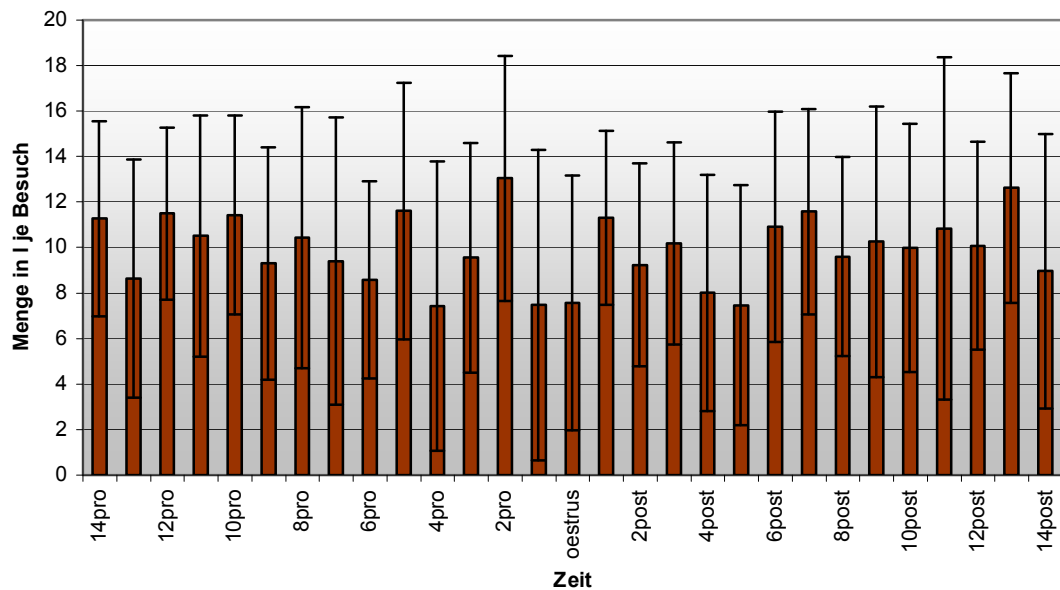


Abbildung 110: Gruppenmittel der Menge je Besuch in 24 Stunden bei 10 Brunstereignissen

Die Auswertung der aufgenommen Wassermenge je Kontakt ergab, dass der minimale und maximale Mittelwert in den brunstbeeinflussten Zeitraum fällt (Abbildung 111). Am Tag des oestrus wurden am 3,6l je Tränkekontakt ermittelt und am Tag 1post oestrus lag der Wert bei 9,4l je Kontakt. Ausgenommen dieser Tage wurde eine Spannweite von 4,0 –8,3l je Kontakt errechnet.

Die Standardabweichung erreicht 47,0-128,0%. Dabei ist das Maß der Streuung sowohl am Tag 1pro und am Tag des oestrus am höchsten.

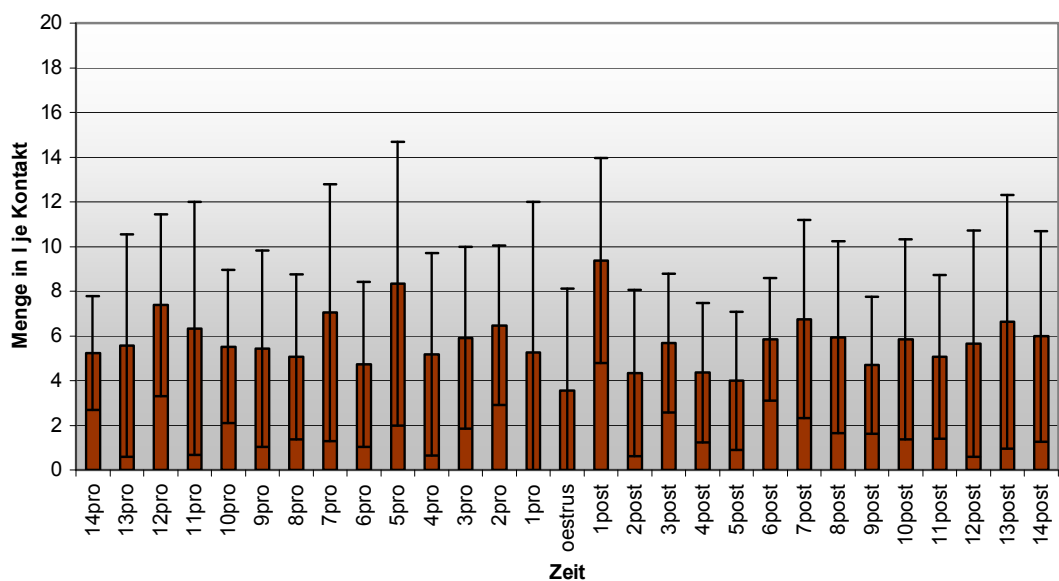


Abbildung 111: Gruppenmittel der Menge je Kontakt in 24 Stunden bei 10 Brunstereignissen

7.7 Diskussion zum Parameter Wasseraufnahme im brunstnahen Zeitraum

Während der Brunst zeigen Rinder Verhaltensauffälligkeiten anhand derer man ihren Zustand wahrnehmen kann. Zum einen ist dies durch Beobachtungen bekannt, zum anderen sind die Erkenntnisse mit Hilfe der Schritttaktivität und Liegezeit an Milchrindern und tendenziell bei Mutterkühen nachgewiesen. Grundsätzlich ist vorstellbar, dass sich die Verhaltensänderungen auch auf die Wasseraufnahme übertragen.

7.7.1 Tränkebesuche

Mit 1,5-2,5 durchschnittlichen Besuchen pro Tag liegen die Werte im brunstnahen Zeitraum deutlich unter denen des geburtsnahen Zeitraumes. Zudem erscheinen die Schwankungen bei weitem nicht so groß, so dass sich die Entwicklung der Tränkebesuche über den Messzeitraum wesentlich ausgeglichener präsentiert. Innerhalb der vorliegenden Untersuchungen kam es zu signifikant weniger Tränkebesuchen in der brunstbeeinflussten Zeit in den beiden Zeiträumen 0-24 Uhr und 0-12 Uhr. Die Tageszeiten in denen die Tränke hauptsächlich frequentiert wird unterscheidet sich zu den Ergebnissen aus dem geburtsnahen Zeitraum. Während der Messungen zur Brunst ist die Besuchsfrequenz zwischen 0-8 Uhr ähnlich ausgeprägt wie zwischen 8-16 Uhr. Die Messungen im geburtsnahen Zeitraum ergaben eine deutliche Präferenz für die Zeit von 8-16 Uhr. Zwischen den Tageszeitabschnitten 0-12 Uhr und 12-24 Uhr ist keine deutliche Verteilung im brunstnahen Zeitraum vorhanden. Die Begründung für die gleichmäßigere Verteilung der Tränkebesuche im Tagesverlauf gegenüber den Abkalbungen erschließt sich nicht automatisch. Es ist durchaus möglich, dass die im geburtsnahen Zeitraum durchschnittlich höhere Anzahl von Tränkebesuchen im Tagesverlauf zu einer ungleichmäßigeren Verteilung führt. Die durchschnittlich 2 Tränkebesuche im brunstnahen Zeitraum verteilen sich mit einem Besuch in der ersten Tageshälfte und einem weiteren in der zweiten Tageshälfte sehr gleichmäßig. Über den jahreszeitlichen Einfluss wurde bereits im Rahmen des geburtsnahen Zeitraumes diskutiert. Da die Brunstereignisse innerhalb von ca. 5 Wochen eintraten, sind die Veränderungen im Wasseraufnahmeverhalten aufgrund eines Jahreszeitenwechsels sowie Veränderungen in der Futtergrundlage nicht ausschlaggebend. Die vorwiegende Gemeinsamkeit beim Vergleich der beiden Zeiträume besteht in der deutlichen Verringerung der Tränkebesuche am Abkalbungstag bzw. am Tag der Hauptbrunst (oestrus). Demzufolge liegt nahe, dass sich die Brunst auf das Wasseraufnahmeverhalten auswirkt. Ebenso wie zu einem Rückgang der Futteraufnahme (YANG 1998) kann es folglich zu einem Rückgang in den Tränkebesuchen kommen. Das hätte die Verringerung der Wasseraufnahme zur logischen Konsequenz.

Verhaltensweisen, die der Bedarfsdeckung und der Lebenserhaltung dienen, werden zwar nicht völlig vernachlässigt, stehen aber während der Brunst hinter dem Fortpflanzungstrieb zurück. Diese Interpretation stützt sich jedoch nur auf die Ergebnisse der Gruppenmittelwerte. Die Ergebnisse aus der Einzeltieranalyse lassen ähnliche Rückschlüsse nicht zu.

Die Anwendung der Lowessfunktion und Fourieranalyse im Bereich der Einzeltierauswertung erzeugte fast identische Ergebnisse wie im geburtsnahen Zeitraum. Die 1%ige Glättung erwies sich erwartungsgemäß als beste Variante, doch die Aussagequalität der Trendverläufe ließ eine Änderung des Wasseraufnahmeverhaltens nicht erkennen. Innerhalb der Fourieranalyse waren in allen Zeitabschnitten weder LKG noch Harmonische Anteile nachzuweisen. Ein sich periodisch wiederholendes Wasseraufnahmeverhalten ist deshalb ausgeschlossen. Damit lassen sich die Ergebnisse aus dem geburtsnahen Zeitraum nachdrücklich bestätigen.

7.7.2 Tränkekontakte

Die Tränkekontakte weisen, verglichen mit den Tränkebesuchen, wesentlich höhere tägliche Schwankungen auf. Die Kurvenverläufe der einzelnen Tageszeitabschnitte zeigen keinen so deutlichen Rückgang in der brunstbeeinflussten Zeit. Trotzdem ist eine signifikant geringere Anzahl an Tränkekontakten für die Tageszeitabschnitte 0-24 Uhr und 0-12 Uhr nachzuweisen. Insgesamt variieren die Tränkekontakte täglich zwischen 2,5 und 5,8 und liegen weit unter dem Niveau des geburtsnahen Zeitraumes.

Da die Tränkebesuche im Vergleich zum geburtsnahen Zeitraum ebenfalls niedriger waren, ist die geringere Anzahl an Tränkekontakten eine absehbare Folge. Auch die Verteilung der Tränkekontakte in den Tageszeitabschnitten ist ähnlich den Tränkebesuchen. Die starken Schwankungen, zwischen den einzelnen Tagen, stehen für eine hohe Variation im Wasseraufnahmeverhalten. Das schließt bei einzelnen Tieren ein Ausbleiben von Tränkebesuchen und Tränkekontakten an mehreren Tagen mit ein. Die Einzeltieranalyse erbringt wiederum kein positiv zu bewertendes Ergebnis. Die Lowessfunktion gibt keinen Hinweis auf den Einfluss der Brunst. Da die Tränkekontakte im gleichen Zeitfenster mit den Tränkebesuchen auftreten, erübrigt sich der Versuch einen eventuellen Tagesrhythmus bei den Tränkekontakten nachzuweisen.

7.7.3 Aufgenommene Wassermenge

Die aufgenommene Wassermenge unterliegt ebenfalls großen täglichen Schwankungen. Die geringste durchschnittliche Wassermenge wurde am Tag der Hauptbrunst registriert. Dies war für den Tageszeitabschnitt 0-24 Uhr im Vergleich zur brunstunbeeinflussten Zeit gering statistisch zu sichern. Damit gibt es auch hier einen Hinweis auf eine, durch die Brunst, ausgelöste Verminderung der Wasseraufnahme. Wie die Zeiträume vor und nach der Brunst zeigen, ist diese Einschränkung nur auf die Tage 1pro und oestrus beschränkt. Zu einer erhöhten Wasseraufnahme nach der Brunst kommt es nicht. In der Verteilung auf die Tageszeitabschnitte orientiert sich die Wasseraufnahmemenge an der Anzahl der Besuche und Kontakte ohne besondere Auffälligkeiten. Die Höhe der Wasseraufnahme ist ungefähr mit der aus dem geburtsnahen Zeitraum zu vergleichen, ebenso wie die täglichen Schwankungen. Da die Trendberechnung der tierindividuell aufgenommenen Wassermenge keine neuen Erkenntnisse erbracht, bleibt nur, auf die Ergebnisse von Tränkebesuchen und Tränkekontakten zu verweisen. Die Fourieranalyse entfiel aus bekannten Gründen.

7.7.4 Beziehungen zwischen den Variablen des Parameters Wasseraufnahme

Zwischen den Variablen des Parameters Wasseraufnahme existieren im brunstnahen Zeitraum enge positive Zusammenhänge. Die errechneten Korrelationskoeffizienten sind hochsignifikant und steigen tendenziell je kleiner die Tageszeitabschnitte werden. Gegenüber dem geburtsnahen Zeitraumes sind diese Ergebnisse als Bestätigung zu werten. Betrachtet man die Kontakte je Tränkebesuch, werden ähnliche Werte wie im geburtsnahen Zeitraum erreicht. Im Gegensatz dazu, ist im brunstnahen Zeitraum, aus dieser Konstellation kein Hinweis auf ein Ereignis abzulesen. Analoge Tendenzen ergeben sich aus der Kombination von aufgenommener Wassermenge je Besuch. Wie im vorangegangenen Kapitel angesprochen, ist die Wasseraufnahmemenge aus dem brunstnahen Zeitraum mit der aus dem geburtsnahen Zeitraum annähernd vergleichbar. Folglich kommt es zu einer höheren Wasseraufnahme je Besuch. Ein Einfluss der Brunst auf die aufgenommene Wassermenge je Besuch ist jedoch nicht nachzuweisen. Nur die Berechnung der aufgenommenen Wassermenge je Kontakt zeigt im Vergleich zu den übrigen Messtagen das Minimum am Tag der Hauptbrunst und das Maximum am Tag 1 post. Insgesamt ist aus den Ergebnissen eine geringfügig messbare Einflussnahme der Brunst auf die Wasseraufnahme abzuleiten.

7.7.5 Bewertung des Parameters Wasseraufnahme und der angewandten statistischen Analysemethoden

Die Mittelwertberechnungen der Mutterkühe im brunstnahen Zeitraum lassen den Schluss zu, dass ebenso wie bei der Abkalbung, ein Einfluss der Brunst auf den Parameter Wasseraufnahme gegeben ist. Mit der Einzeltieranalyse lässt sich dieses Erkenntnis allerdings nicht ohne weiteres bestätigen. Statistische Maßnahmen der Zeitreihenanalyse wie Lowessfunktion und Fourieranalyse erbringen innerhalb des Wasseraufnahmeverhaltens keine sinnvollen Ergebnisse, mit denen die Identifikation eines Brunstereignisses möglich wäre. Grundsätzlich liegt das nicht an der Auswahl der statistischen Methoden, sondern wie bereits bekannt an dem geringen Zeitumfang und der ungenügenden Regelmäßigkeit der Wasseraufnahme, besonders im Hinblick auf die einzelnen Tiere. Demnach eignet sich der Parameter nicht für eine zeitgenaue Identifikation der Brunst beim Einzeltier.

8 Schlussfolgerungen zum brunstnahen Zeitraum

Die im brunstnahen Zeitraum erzielten Ergebnisse der 3 gewählten Parameter Bewegungsaktivität, Flächennutzung und Wasseraufnahme sind unterschiedlich zu bewerten.

Die Untersuchungen zur **Bewegungsaktivität** im haben gezeigt, dass sich die Veränderungen in den Kurvenverläufen im Gruppenmittel nur am Tag der Hauptbrunst herauskristallisieren. Das gilt sowohl für die Schritttaktivität als auch für die Brustbeinlage. Eine messbare Veränderung der beiden Variablen ist demnach auf einen kurzen Zeitraum beschränkt.

Die Einschätzung der Trends aus der Lowessfunktion erzielte die besten Erkennungsraten. Trotzdem verlaufen die Brunstereignisse nur teilweise mit den gewünschten deutlichen Trendverläufen, sowohl bei der Schritttaktivität als auch bei der Brustbeinlage.

Aus den Ergebnissen der Fourieranalyse geht zunächst hervor, dass die Störung der Tagesperiodik im brunstnahen Zeitraum nicht hoch genug ist, um eine Erkennung der Brunst mit hohen Wahrscheinlichkeit zu ermöglichen. Daraus ergibt sich auch die wenig zufriedenstellende Effizienz in der Brunsterkennung. Die rechnerische Verknüpfung von Lowessfunktion und Fourieranalyse verbessert zwar die Effizienz aus der Fourieranalyse jedoch nicht die der Lowessfunktion.

Die Seitenlage ist im brunstnahen Zeitraum von geringer Bedeutung. Aussagen zur Auswirkung der Brunst sind aufgrund des geringen Anteils an der Gesamtliegezeit nicht sinnvoll.

Die **Flächennutzung** erbrachte im Hinblick auf die Erkennung von Brunstereignissen keine verwertbaren Ergebnisse. Grundsätzlich bedeutet es aber nicht, dass eine andere Methode im Rahmen der Flächennutzung keine besseren Ergebnisse erzeugen könnte. Denkbar wäre beispielsweise die Erfassung und Auswertung von Distanzen zwischen verschiedenen Standorten und zwischen den einzelnen Mitgliedern einer Herde.

Anhand der Ergebnisse aus dem brunstnahen Zeitraum ließ sich die höhere Flächennutzung der Tiere in den Nachmittagstunden gegenüber den Vormittagstunden nochmals bestätigen.

Die **Wasseraufnahme** im brunstnahen Zeitraum bestätigte in etwa die Ergebnisse aus dem geburtsnahen Zeitraum. Das Niveau der aufgenommenen Wassermenge blieb ungefähr gleich, so dass bei Mutterkühen sie durchschnittlich zwischen 15-25l liegt. Die Veränderung der Wasseraufnahme beim Eintreten der Brunst konnte am deutlichsten über die aufgenommene Wassermenge herausgestellt werden. Das gilt aber ausschließlich für die Analyse der berechneten Mittelwerte.

Die Einzeltieranalyse zeigte, ebenso wie bei der Abkalbung, dass die sichere Identifikation einer Brunst anhand des Wasseraufnahmeverhaltens zeitnah fast ausgeschlossen ist, da große tägliche Schwankungen in der Wasseraufnahme und im Wasseraufnahmeverhalten völlig normal sind.

Die Schwankungen sind auch dafür verantwortlich, dass die Zeitreihenanalyse im Trendverlauf keine entscheidenden Ergebnisse erzielte. Mit der Fourieranalyse konnte kein periodischen Verhalten beim Parameter Wasseraufnahme nachgewiesen werden.

9 Zusammenfassung (Abstract)

Ziel dieser Arbeit war die Analyse und Modellierung ausgewählter Verhaltensparameter von Mutterkühen im geburts- und brunstnahen Zeitraum durch sensorgestützte Systeme. Als Parameter standen die Bewegungsaktivität, die Flächennutzung und die Wasseraufnahme im Mittelpunkt der Betrachtungen. Dazu wurden in den Mutterkuhherden der Versuchstation Blumberg sowie eines landwirtschaftlichen Betriebes bei 20 Abkalbungsereignissen und 10 Brunstereignissen die Bewegungsaktivität und die Flächennutzung in der Zeitspanne von 5 Tagen vor dem Ereignis bis 3 Tage nach dem Ereignis erfasst. Für die Ermittlung der Bewegungsaktivität konnten ALT Pedometer des Ingenieurbüros Holz genutzt werden. Die Flächennutzung wurde mit dem Fernglas Leica Geovid 7*42 BDA und einem GPS-Gerät (GPSHAND Version 2.2) erfasst. Die Messungen zum Parameter Wasseraufnahme fanden für die Zeit 14 Tage vor dem Ereignis bis 14 Tage nach dem Ereignis statt. Ein weiteres Ziel war die Bewertung der Parameter in Bezug auf ihre Aussagequalität und Effizienz bei der Erkennung von Abkalbungen und Brunstereignissen. Hier stand besonders die Einzeltieranalyse im Vordergrund. Dafür wurden aus der Zeitreihenstatistik die Lowessfunktion und die Fourieranalyse gewählt.

Sowohl im geburts- als auch im brunstnahen Zeitraum erreichte der Parameter Bewegungsaktivität die beste Aussagequalität und Effizienz. Die durchschnittliche Schrittaktivität und Brustbeinlage zeigten signifikante Veränderungen im Zusammenhang mit einer Geburt oder Brunst. Die Seitenlage ist gering und war nur im Zusammenhang mit Schweregeburten auffällig. Mit den entwickelten Bewertungsmodellen wurden im geburtsnahen Zeitraum zwischen 75% und 90% Sensitivität und eine Fehlerrate von 14,3-37,0% erreicht. Mit 40-70% Sensitivität und einer Fehlerrate von 10-50% war die Erkennung der Brunstereignisse geringer und weniger effizient.

Die Analyse der Flächennutzung zeigte, dass Mutterkühe in den Stunden nach der Abkalbung die genutzte Fläche einschränken. Diese Verhaltensänderung war teilweise signifikant. Eine Veränderung des Flächennutzungsverhaltens im brunstnahen Zeitraum konnte nicht nachgewiesen werden. Aufgrund der geringen Datendichte wurde auf die Zeitreihenanalyse verzichtet.

Innerhalb des Parameters Wasseraufnahme ermöglichten die Ergebnisse aus den Mittelwertberechnungen einen Nachweis von Veränderungen im Wasseraufnahmeverhalten in den Zeiträumen einer Abkalbung bzw. Brunst. Die Anwendung der Lowessfunktion und Fourieranalyse zeigte jedoch, dass die Erkennung von Ereignissen, auf das Einzeltier bezogen, fast nicht möglich ist. Die Hauptursache dafür liegt in der vorhandenen Unregelmäßigkeit von Tränkebesuchen und den starken Schwankungen in der täglichen Wasseraufnahme.

10 Literaturverzeichnis

- Anonym 1 (1994): Umfang und Organisation der Mutterkuhhaltung. Hrsg.: Bund Deutscher Fleischrindzüchter und -halter: 3. Bundesschau Fleischrinder. Internationale Grüne Woche Berlin 1994, S.4-6
- Anonym 2 (2004): Zeitreihenanalyse. www.emilea-stat.rwth-aachen.de.
- Anonym 3 (2004): Explorative Datenanalyse. www.emilea-stat.rwth-aachen.de.
- Anonym 4 (2004): Fleischrindzucht und -haltung - Bestände. Hrsg.: Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg: Tierzuchtreport Brandenburg. Potsdam, S.24-25
- Anonym 5 (2005): ProdSTAT: livestock (primary and processed).
www.faostat.fao.org/site/569/default.aspx.
- Anonym 6 (2005): Beef Cow Inventory 1976-2005. www.usda.gov/nass/graphics/jul_bcow.gif.
- Anonym 7 (2005): Rinderbestände Deutschland. Hrsg.: Statistisches Bundesamt:
www.destatis.de
- Anonym 8 (2005): Trinkwasser und -qualität. www.portal-rind.de/portal/artikel/detail.php?artikel=80.
- Aschoff, J. (1958): Tierische Periodik unter dem Einfluss von Zeitgebern. Zeitschrift für Tierpsychologie. 15, S.1-30
- At-Taras, E. E.; Spahr, S. L. (2001): Detection and Characterization of Oestrus in Dairy Cattle with an Electronic Heatmount Detector and an Electronic Activity Tag. Journal of Dairy Science. 84, S.792-798
- Baars, S. (1999): Herdenführung mit Gespür. Neue Landwirtschaft. 2, S.62-66
- Balliet, U. (1994): So lässt sich die Anzahl abgestezter Kälber erhöhen. Fleischrinder Journal. 2, S.6-8
- Bandemer, H.; Gottwald, S. (1993): Einführung in Fuzzy-Methoden. 4 Berlin, Akademie Verlag
- Barow, U.; Gerken, M. (1996): Untersuchungen zur automatisierten Verhaltensfassung bei Mutterkühen in ganzjähriger Außenhaltung. Hrsg.: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung. Darmstadt, Landwirtschaftsverlag GmbH, S. 110-119

- Berger, A.; Scheibe, K. M.; Michaelis, S.; Streich, W. J. (2003): Evaluation of living conditions of free-ranging animals by automated chronobiological analysis of behaviour. *Behaviour Research Methods, Instruments & Computers*. 35 (3), S.458-466
- Berger, A.; Schober, F.; Scheibe, K. M.; Reimoser, S.; Eichhorn, K. (1997): Comparison of Two Telemetric Methods for Measuring Behavioural Parameters. *Proceeding of the First International Symposium on Physiology and Ethology*, S.14-17
- Blanc, F.; Berger, A. (1995): Comparison of Two Automatic Methods for Measuring Grazing Behaviour. *Animal Zootechnique*. 44, S.27-29
- Bogner, H. (1978): Rindfleischproduktion. 1 Stuttgart, Eugen Ulmer GmbH
- Brehme, U. (2001): Viel Platz, viel Luft und tiergerechtes Melken-Stalltechnik Rind-Rückblick auf die EuroTier 2000. *Neue Landwirtschaft*. 1, S.54-57
- Brehme, U.; Bahr, C.; Holz, R. (2003): Brunsterkennung von Rindern. *Landtechnik*. 2, S.106-107
- Brehme, U.; Scherping, E.; Uhr, K.; Kannegießer, P.; Kiesling, U. (2002), Elektronische Brunsterkennung - Vergleich zwischen Halsband- und Fußpedometern bei der Erfassung von Tieraktivitäten zur Brunsterkennung von Rindern. *Neue Landwirtschaft*. 11, S.40-42
- Brehme, U.; Stollberg, U.; Holz, R.; Schleusener, T. (2004): Sichere Brunsterkennung mit sensorgestützten ALT-Pedometern. *Landtechnik*. 4, S.130-131
- Brunsch, R.; Scholz, V. (2003): Individuelle Wasserversorgung von Rindern an einer Photovoltaik-Weidezentrale. *Landtechnik*. 6, S.396-397
- Busato, A.; Steiner, L.; Gaillard, C. (1996): Gesundheitszustand von Kälbern in der Mutterkuhhaltung. www.bvet.admin.ch.
- Butz, T. (2005): Fouriertransformation für Fußgänger. 4 Wiesbaden, Teubner B. G. GmbH
- Dado, R. G.; Allen, M. S. (1994): Variation in and Relationship among Feeding, Chewing and Drinking Variables for Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 77, S.132-144
- Ebel, G. (2002): Einfluss des Tierverhaltens auf die Exkrementstellenverteilung, den Exkrementstickstoffrückfluss und die Mengen an mineralischem Bodenstickstoff auf Mähstandweiden mit Mutterkühen. Dissertation an der Humboldt-Universität zu Berlin
- Franke, C. (2004): Identifikationssysteme und sensorbasiertes Datenmanagement für ausgewählte Reproduktions- und Gesundheitsparameter in der Milchviehhaltung - Literaturanalyse. Diplomarbeit an der Humboldt-Universität zu Berlin

- Gerke, M.; Grof, M. (2001): Seminar Fuzzy-Logic WS 2001/ 2002. www.prt.fernuni-hagen.de/lehre/SEMINAR/fuzzy_seminar.pdf.
- Golze et al. (1997): Extensive Rinderhaltung. 1 München, BLV Verlagsgesellschaft mbH
- Gottschalk, A.; Alps, H.; Rosenberger, E. (1992): Praktische Rinderzucht und Rinderhaltung. 1 München, BLV Verlagsgesellschaft mbH
- Grund, M. (2004): Die Kuhstall-Informatiker. Neue Landwirtschaft. 10, S.10-14
- Hampel, G. (1994): Fleischrinder- und Mutterkuhhaltung . 1 Stuttgart, Eugen Ulmer GmbH
- Haßbacher, T.; Sambras, H. H. (2002): Geburts- und Säugeverhalten von Bisons (Bison bison) in Mitteleuropa. Hrsg.: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung. Schrift 407. Darmstadt, Landwirtschaftsverlag, S.129-138
- Hassoun, P. (2002): Cattle feeding behaviour at pasture: a methodology related to on farm measurements. Animal Research. 51, S.35-41
- Hirata, M.; Iwamoto, T.; Otozu, W.; Kiyoto, D. (2002): The Effects of Recording Interval on the Estimation of Grazing Behaviour of Cattle in a Daytime Grazing System. Asian-Australian Journal of Animal Science . 15 (5), S.745-750
- Holter, J. B.; Urban, W. E. (1992): Water partitioning and intake prediction in dry and lactating Holstein cows. Journal of Dairy science. 75, S.1472-1479
- Hütt, M.-T.: (2001): Datenanalyse in der Biologie. 1 Berlin, Springer-Verlag
- Jentsch, W.; Derno, M. (1997): Aspekte der Fütterung in der Freilandhaltung. Wissenschaftliche Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL). Sonderheft 177. S.17-29
- Junge, W.; Krieter, J.; Firk, R. (2001): Brunsterkennung mit Hilfe von Herdenmanagementprogrammen. Milchpraxis. 39 (1), S.36-38
- Junge, W.; Stamer, E.; Reinsch, N.; Kalm, E. (2003): Züchterische Möglichkeiten zur Senkung von Kälberverlusten. Züchtungskunde. 75 (6). Stuttgart, Eugen Ulmer GmbH, S.479-488
- Kaufmann, O.; Uhr, K. (2002): Rechnergestützte Tierüberwachung in der Mutterkuhhaltung. Landtechnik. 1, S.46-47
- Kiley-Worthington, M.; De La Plain, S. (1983): The Behaviour of Beef Suckler Cattle (Bos taurus). 1 Basel, Birkhäuser Verlag
- Kirchgeßner, M.: (1997): Tierernährung, Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. 10 München, Verlags Union Agrar

- Klindworth, K.; Trinkl, S.; Wendl, G.: (2002): Effizienz verschiedener Aktivitätssensoren zur Brunstüberwachung bei Milchkühen. Landtechnik . 2, S.S. 86-87
- Krieter, J.; Firk, R.; Stamer, E.; Junge, W. (2003): Improving oestrus detection in dairy cows by combination of different traits using fuzzy logic. Tagungsband Precision Livestock Farming. Wageningen, S.99-104
- Laiblin, C. (1995): Ein Kalb pro Kuh und Jahr. Fleischrinder Journal. 4, S.14-16
- Landefeld, M.; Bettinger, J. (2002): Water Effects on Livestock Performance. Extension FactSheet ANR-13-02, www.ohioline.osu.edu/anr-fact/pdf/0013.pdf.
- Langbein, J.; Raasch, M.-L.; König, I. (1999): Untersuchungen zur frühen Mutter-Kind-Beziehung in der extensiven Mutterkuhhaltung - das Kalb des Hausrindes als Ablieger. Hrsg.: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung. Schrift 382. Darmstadt, Landwirtschaftsverlag, S.34-41
- Langbein, J.; Scheibe, K. M.; Eichhorn, K. (1998): Investigations on periparturient behaviour in free-ranging mouflon sheep (*Ovis orientalis musimon*) Journal of Zoological Society of London. 244, S.553-561
- Lehr, A. (1997): Verhaltensphysiologische Reaktionen bei Mutterkühen und ihren Kälbern im peripartalen Zeitraum. Wissenschaftliche Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode. Sonderheft 177. S.138-148
- Lidfors, L. (1994): Mother-Young Behaviour in Cattle. Thesis (doctoral), Swedish University of Agricultural Sciences
- Lidfors, L.; Moran, D.; Jung, J.; Jensen, P.; Castren, H. (1994): Behaviour at calving and choice of calving place in cattle kept in different environments. Applied Animal Behaviour Science. 42, S.11-28
- Loeffler, K. (2002): Anatomie und Physiologie der Haustiere. Stuttgart, Eugen Ulmer GmbH
- Looper, M. L.; Waldner, D. N. (2002): Water for Dairy Cattle. Guide D-107, www.cahe.nmsu.edu/pubs/_D-107.pdf.
- Lotthammer, K.-H.; Wittkowski, G. (1994): Fruchtbarkeit und Gesundheit der Rinder. 1 Stuttgart, Eugen Ulmer GmbH
- Luebbert, D. (1999): Statistik - Zusammenfassungen für Sozialwissenschaftler, www.luebbert.net.
- Mahlkow-Nerge, K. (2004): Ohne Wasser keine Milch. Nutztierpraxis aktuell 10/ 2004, www.ava1.de/pdf/artikel/rinder/2004_04_mahlkow-nerge.pdf.
- Martin, J. (2005): Durch optimale Organisation des Bulleneinsatzes die Zuchtleistung der Mutterkühe sichern. Rind aktuell. 1, S.54-56

- Martin, J.; Engel, F. (2006): Frühe Zuchtbenutzung in der Mutterkuhhaltung.
www.fleckvieh.de/FVwelt/FVW_105/welt_12-15pdf.
- Mathew, S.; Mc Caughey, W. P.; Kennedy, A. D.; Lewis, N. J.; Crow, G. H. (1999): Electronic monitoring of mounting behaviour in beef cattle. *Canadian Veterinary Journal*. 40, S.796-798
- Mc Evoy, J. (1994): Management of the Cow at Calving. Hrsg.: Bryson, D.; Menzies, F.: Reducing Cattle Deaths. www.afsni.ac.uk/Services/Bovine_deaths_booklet.pdf.
- Mehlhorn, G. (1979): Lehrbuch der Tierhygiene, Teil I. 1 Jena, VEB Gustav Fischer
- Meyer, U.; Everinghoff, M.; Gädeken, D.; Flachowsky, G. (2004): Investigations on the water intake of lactating dairy cows. *Livestock Production Science*. 90, S.117-121
- Müller, R.; Schrader, L. (2003): A new method to measure behavioural activity levels in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*. 83, S.247-258
- Murphy, M. R. (1992): Water Metabolism of Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. 75, S.326-333
- Nebel, R. L.; Dransfield, M. G.; Jobst, S. M.; Bame, J. H. (2000): Automated electronic systems for the detection of oestrus and timing of AI in cattle. *Animal Reproduction Science*. 60-61, S.713-723
- Petry, N.; Herberger, M. (1998) Fuzzy-Logik. *JurPC Web-Dok*. 131 1998, Abs. 1-49, www.jurpc.de/aufsatz/19980131.htm.
- Phillips, C. (2002): Cattle Behaviour & Welfare. 2 Oxford, Blackwell Science Ltd.
- Porzig, E.; Sambras, H. H. (1991): Nahrungsaufnahmeverhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. 1 Berlin, Deutscher Landwirtschaftsverlag
- Puhmann, B.; Golze, M.; Klos, K. (1997): Jederzeit Tränkwasser. *Fleischrinder Journal*. 4, S.72-74
- Ratschow, J.-P. (2005): Präzise Tierhaltung - die Zeit ist reif!. *Landtechnik*. 3, S.125
- Richter, E. (2005): Vorlesung Fuzzy-Logik, www.cs.uni-potsdam.de/ti/lehre/05-FuzzyLogik/slides/Einleitung.pdf.
- Rodrigues, L. H. A.; Zimmermann, F. (1998): A Decision Support System for an Organic Farm. Tagungsband 7th International Conference: Computers in Agriculture. Orlando Florida, S.1-9

- Roffeis, M.; Freier, E.; Runnwerth, G. (2004): Produktionsvoraussetzungen und Leistungen in Brandenburger Mutterkuhbetrieben. Hrsg.: Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung des Landes Brandenburg: Jahresbericht 2004 Landwirtschaft und Gartenbau. Frankfurt/ Oder, S.81
- Sacher, M.; Diener, K. (2003): Von jeder Kuh ein marktfähiges Kalb. Neue Landwirtschaft. 1, S.56-58
- Sambras, H. H. (1978): Nutztierethologie. 1 Berlin, Paul Parey Verlag
- Sambras, H. H. (1991): Nutztierkunde. 1 Stuttgart, Eugen Ulmer GmbH
- Sambras, H. H.; Schön, H.; Haidn, B. (2002): Tiergerechte Haltung von Rindern. Hrsg.: Methling, W.; Unselm, J.: Umwelt- und tiergerechte Haltung von Nutz-, Heim- und Begleittieren. 1 Berlin, Parey Buchverlag, S.281-332
- Saurwein, K.-H.; Hönekopp, T. (1992): SPSS/ PC 4.0 - Eine anwendungsorientierte Einführung zur professionellen Datenanalyse. Bonn, Addison-Wesley GmbH
- Scheibe, K. M. (2006): Persönliche Mitteilung
- Scheibe, K. M.; Berger, A.; Langbein, J.; Streich, W. J.; Eichhorn, K. (1999): Comparative Analysis of Ultradian and Circadian Behavioural Rhythms for Diagnosis of Biorhythmic State of Animals. Biological Rhythm Research. 2, S.216-233
- Scheibe, K. M.; Berger, A.; Streich, W. J.; Langbein, J.; Eichhorn, K. (2003): Telemetric measurements and monitoring of animal welfare parameters and its importance for precision livestock farming. Tagungsband Precision Livestock Farming. Wageningen, S. 131-136
- Scheibe, K. M.; Eichhorn, K. (2001): Wildtiertelemetrie- ihre Möglichkeiten, Methoden und Verfahren. Studium Generale XII. S.79-101
- Scheibe, K. M.; Schleusner, T.; Berger, A.; Eichhorn, K.; Langbein, J.; Dal Zotto, L.; Streich, W. J. (1998): ETHOSYS - New System for Recording and Analysis of Behaviour of Free-Ranging Domestic Animals and Wildlife. Applied Animals Behaviour Science. 55, S.195-211
- Schmidt, M. (2004): Der Einsatz von Pedometern in der Mutterkuhhaltung - Tieraktivitätsmessungen im geburtsnahen Zeitraum in einer Mutterkuhhaltung. Diplomarbeit an der Humboldt-Universität zu Berlin
- Schön, H.; Artmann, R. (1993): Prozesssteuerung in der Tierproduktion. Hrsg.: Schön, H.: Elektronik und Computer in der Landwirtschaft. 1 Stuttgart, Eugen Ulmer GmbH, S.165-220

- Schön, H.; Haidn, B.; Wendl, G., S. (2003): Technische Innovationen in der Nutztierhaltung zur Verbesserung des Tier- und Verbraucherschutzes. Archiv Tierzucht. Sonderheft 46. Dummerstorf, S. 32-42
- Schön, H.; Wendl, G.; Klindtworth, M.; Harms, J. (2001): Precision Livestock Farming - Konzeption, Stand der Forschung, Zukunftsperspektiven. Hrsg.: Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim: Tagungsband Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Stuttgart, S.S. 1-9
- Stark, G. (2000): Wirtschaftlichkeit in der Mutterkuhhaltung - Prämien und Vermarktungsform sind entscheidend, www.stmlf.bayern.de/lba/sg_32/mutterkuh/
- Straiton, E. C. (1991): Rinder- und Kälberkrankheiten + Geburtshilfe. 4 München, BLV Verlagsgesellschaft mbH
- Stumpenhausen, J. (2001): Tieraktivitätsmessung zur Verbesserung des Gesundheits- und Fruchtbarkeitsmanagements in Milchviehherden. Hrsg.: Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim: Tagungsband Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Stuttgart, S. 272-277
- Süss, M.; Andeae, U. (1984): Spezielle Ethologie Rind. Hrsg.: Bogner, H.; Grauvogl, A.: Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. 1 Stuttgart, Eugen Ulmer GmbH
- Swain, D. L.; Wilson, L. A.; Dickinson, J. (2003): Evaluation of an active transponder system to monitor spatial and temporal location of cattle within patches of a grazed sward. Applied Animal Behaviour Science. S. 185-195
- Terörde, H. (1997): Untersuchungen zur Nähr- und Mineralstoffversorgung von Mutterkuhherden auf ausgesuchten Standorten in Mecklenburg-Vorpommern. Dissertation an der Freien Universität Berlin
- Tost, J.; Hörning, B. (2001): Wahl des Geburtsortes und Einflüsse auf die Kälbersterblichkeit in einer naturnah gehaltenen Fleischrinderherde. Hrsg.: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung. Schrift 407. Darmstadt, S. 119-128
- Turner, L. W.; Udal, M. C.; Larson, B. T.; Shearer, S. A. (2000): Monitoring cattle behaviour and pasture use with GPS and GIS. Canadian Journal of Animal Science. 80, S. 405-413
- Udal, M. C. (1998): GPS Tracking of cattle on Pasture - Summary of Preliminary Results. www.bae.uky.edu/~lturner/gps/udalres.htm.
- Van Oort, B. E. H.; Nicholas, T. J. C.; Storeheier, P. V.; Stokkan, K. A. (2004): The performance and validation of a data logger for long-term determination of activity in free-ranging reindeer. Applied Animal Behaviour Science. 89, S. 299-308

- Von Davier, Z.; Deblitz, C.; Izquierdo, L. (2004): Mutterkuhhaltung. Fleischrinder Journal. 1, S. 26-28
- Wagner, H. (1995): Mutterkuhhaltung in Mecklenburg-Vorpommern. Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Züchtungskunde: Extensive Rinderhaltung, Qualitätsfleischerzeugung und Vermarktung. Heft 1. Bonn, S. 29-39
- Wallbaum, F. (1996): Tiergerechtigkeit der ganzjährigen Weidehaltung fleischbetonter Mutterkühe am Mittelgebirgsstandort. Dissertation an der Georg-August-Universität Göttingen
- Wangler, A.; Rehbock, F. (2000): Rastlos im Kuhstall. Neue Landwirtschaft. 11, S. 70-73
- Wangler, A.; Wolf, J. (2000) Brunsterkennung per Computer. Neue Landwirtschaft. 3, S. 76-79
- Waßmuth, R. (2002) Ganzjährige Freilandhaltung von Rindern. Landtechnik. 4, S. 226-227
- Yang, Y. (1998): Rechnergestützte Östrusüberwachung bei Milchkühen unter Anwendung der Fuzzy-Logic-Methode. Dissertation an der Technischen Universität München
- Zerbe, F. (1997): Untersuchung rhythmischer Verhaltensaktivitäten bei Galloway-Rindern mit Hilfe telemetrischer Technik (ETHOSYS). Wissenschaftliche Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL). Sonderheft 177, S.172-183